



## Lavtemperaturvarmelagring på Risø. Skitseprojekt

Ibsen, Lotte Schleisner; Kjær Jensen, Søren

*Publication date:*  
1987

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Ibsen, L. S., & Kjær Jensen, S. (1987). *Lavtemperaturvarmelagring på Risø. Skitseprojekt*. Forskningscenter Risø.

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



November 1987

# LAVTEMPERATURVARMELAGRING PÅ RISØ

Skitseprojekt

Lotte Schleisner Ibsen  
Søren Kjær Jensen

## INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD .....	6
SAMMENFATNING .....	7
KONKLUSION .....	9
ENGLISH SUMMARY .....	11
SYMBOLLISTE .....	13
FIGURLISTE .....	15
TABELLISTE .....	16
1. INDLEDNING .....	17
2. GRUNDVANDSVARMELAGRING .....	19
3. LAGRINGSMATERIALER .....	21
4. GEOLOGISKE BETINGELSER .....	22
5. MILJØMÆSSIGE ASPEKTER .....	24
6. VALG AF LOKALITET .....	27
7. PROJEKTBEKRIVELSE .....	28
8. FORUNDERSØGELSER .....	32
8.1 Prøvepumpning .....	33
8.2 Salttest .....	33
8.3 Tracertest .....	33

8.4	Pumpetest .....	34
8.5	Varmeinjektionsforsøg .....	36
9.	GRUNDVANDSANALYSER .....	37
9.1	Vandanalyse .....	37
9.2	Udfældninger .....	38
9.3	Korrosion .....	39
9.4	Bakterier .....	40
10.	BESKRIVELSE AF VARMEPUMPEANLÆGGET OG RISØ's FORSØGSREAKTOR DR 3 .....	41
10.1	Tungtvandskredsløbet .....	41
10.2	Kølevandskredsløbet .....	41
10.3	Fjordvandskredsløbet .....	42
10.4	Varmpumpen .....	43
11.	ANLÆGSBESKRIVELSE .....	44
11.1	Grundvandsside .....	44
11.2	Kølevandsside .....	46
11.3	Gennemgang af de enkelte anlægsforslag ....	47
11.4	Valg af anlæg .....	49
12.	DIMENSIONERENDE ANLÆGSSTØRRELSER .....	55
12.1	En model for varmepumpen .....	55
12.2	Temperaturforhold omkring lagervarmeveksleren	57
12.3	Aktuelle driftsdata .....	60
13.	VARMEVEKSLER .....	61
14.	NÆRMERE BESKRIVELSE AF GRUNDVANDSSIDEN .....	63
14.1	Rørledning .....	63
14.2	Diskussion af fjernvarmerør .....	64
14.3	Pumper .....	65
14.4	Etablering af en ny boring .....	66
15.	KØLEVANDSSIDEN .....	68

16 .	VENTILER .....	72
17 .	FILTRERING .....	75
18 .	INSTRUMENTERING .....	77
	18.1 Gennemstrømningsmåling .....	77
	18.2 Temperaturmåling .....	78
	18.3 Trykmåling .....	79
	18.4 Kaloriemåling .....	80
19 .	STYRING .....	82
20 .	DATAOPSAMLING .....	86
21 .	OVERBYGNINGER .....	87
22 .	ANLÆGSUDGIFTER .....	90
23 .	DRIFTSUDGIFTER/VARMEBESPARELSER .....	93
	23.1 Tilbageleveringstid .....	95
	REFERENCELISTE .....	96
	BILAG	
1 .	Borejournal for boring LT1	
2 .	Borejournal for boring LT3	
3 .	Varmevekslertilbud	
4 .	Oversigt over rørmateriale	
5 .	Tryktabsnomogram for plastrør	
6 .	Rørføring	
7 .	Datablad for Grundfos dykpumper	
8 .	Pumpekaraktistikker for pumper på kølevandsside	
9 .	Ventiltilbud	
10 .	Filtertilbud	
11 .	Oversigt over følere	
12 .	Datablad for gennemstrømningsmåler	
13 .	Dataopsamlingssystem	
14 .	Energiregnskab, Risø, 1986	

## APPENDIX

1. "Rapport over de hydrogeologiske undersøgelser i forbindelse med lavtemperaturvarmelagringsprojektet på Risø"  
L.J. Andersen/DGU
2. "Utilization of reactor waste heat"
3. Varmetab fra rør i jorden

## FORORD

---

I 1982 blev der under Energiministeriets Forskningsprogram bevilliget Laboratoriet for Energiteknik, DTH, et beløb til indledende udredningsarbejde vedrørende udnyttelse af grundvandsreservoir til lavtemperaturvarmelagring. Den oprindelige hensigt med dette projekt var at afrunde undersøgelsen med en forprojektering af et konkret lavtemperaturlager. Lokaliseringen var ikke præciseret.

I fortsættelse af det indledende udredningsarbejde blev der under EFP-83 givet støtte til at undersøge mulighederne for at etablere et lavtemperaturlager i et grundvandsreservoir beliggende på Risø.

Der er under dette projekt etableret 2 boringer på Risø med henblik på at afklare de hydrologiske forhold. I projektets forløb er der udført diverse forundersøgelser i disse boringer.

Projektet er udført som et samarbejde mellem Laboratoriet for Energiteknik, DTH, Danmarks Geologiske Undersøgelse og Forskningscenter Risø. Projektledelsen er blevet varetaget af Risø.

Projektet er afsluttet med skitseprojektering af et varmelagringsanlæg tilknyttet Risøs forsøgsreaktor DR3 med udnyttelse af de allerede etablerede boringer. Overskudsvarmen der kan lagres, er til rådighed i form af 40° varmt kølevand fra forsøgsreaktoren. Varmen kan genanvendes ved hjælp af Risø Varmepumpe.

## SAMMENFATNING

---

Projektet er afsluttet med følgende rapport, der er et skitseprojekt til et kommende demonstrationsanlæg på Risø. Rapporten omhandler anlægsopbygning og dimensionering samt krav til instrumentering af anlægget til forsøgsmæssig drift. Rapporten afsluttes med et overslag over anlægsomkostninger. Udvalgelse af komponenter vil ske under en efterfølgende detailprojektering.

Rapporten er delt op i 7 hovedafsnit som følger:

Kapitel 1 til Kapitel 5 omhandler generelle oplysninger og betingelser om varmelagring, såvel højtemperatur- som lavtemperaturvarmelagring.

Kapitel 6 til Kapitel 9 belyser formålet med projektet samt resultatet af de undersøgelser der indtil nu er udført på projektet.

I Kapitel 10 til Kapitel 12 beskrives det eksisterende varmepumpeanlæg samt det kommende varmelagringsanlæg tilknyttet hertil.

Kapitel 13 til Kapitel 17 gennemgår de nødvendige mekaniske komponenter.

I Kapitel 18 til Kapitel 20 gennemgås den ønskede instrumentering, styring samt dataopsamling på anlægget for at det kommende varmelagringsprojekt kan forløbe tilfredsstillende.

Kapitel 21 belyser den nødvendige overbygning af anlægget.



Endelig afsluttes rapporten med en økonomisk gennemgang i Kapitel 22 og 23. Anlægs- og driftsudgifter ved det i rapporten behandlede anlæg bliver her behandlet og tilbagebetalingstiden samt varmebesparelser på anlægget bliver beregnet.

## KONKLUSION

---

Etableringen af et grundvandsvarmelager på Risø vil af flere årsager være af væsentlig interesse:

1. Reservoiret er et kalkreservoir. Da der ikke tidligere er benyttet kalk som varmelagringsmedie, kan der ved etablering af Risø Varmelager bidrages med væsentlige informationer til forskningen inden for grundvandsvarmelagring.
2. Varmelagringen foregår i kalk ved ca. 35°C - 40°C. Normalt vil kalkudfældningen først finde sted ved opvarmning til over 40°C, men da reservoiret er af kalk, kan en udfældning eventuelt ske tidligere i forløbet. Temperaturintervallet på 30°C - 40°C kan også være grobund for bakterier. Drift af et anlæg som Risø Varmelager kan give de fornødne informationer om ovenstående.
3. Driftsbesparelser på Risø.  
Når Risø Varmelager er i drift, vil der årligt være driftsbesparelser på 112 KKr., da Risø under reaktornedlukning således kan opvarmes med overskudsvarme fra varmelageret udnyttet i varmepumpen istedet for med oliefyr.

Det i rapporten skitserede anlæg har en tilbagebetalings-tid på 6 1/2 år, når der ses bort fra udgifter til måleudstyr. Denne relativt høje tilbagebetalingstid kunne ned-sættes betydeligt, hvis anlægget kunne yde en højere ef-fekt end 1,12 MW. Etableringsomkostningerne vil dog også stige, da der skal etableres flere borer.

Anlægget skitseret i rapporten vil i perioden 1. november 1987 - 31. oktober 1989 blive detailprojekteret, opbygget

og afprøvet som et projekt finansieret af EF's energidemonstrationsprogram, Teknologistyrelsen, Energistyrelsen og Risø. Projektet vil blive et samarbejde mellem Nielsen & Rauschenberger, Laboratoriet for Energiteknik på DTH, Danmarks Geologiske Undersøgelse og Forskningscenter Risø. Projektledelsen vil blive varetaget af Risø.

Anlægget, der vil blive opbygget i 1988, bliver opbygget som et rent demonstrationsprojekt, hvis væsentligste formål er at påvise kalkreservoirets egnethed til varmelagring. Ved en senere drift af anlægget kan en del ændringer være påkrævet, for at anlægget kan køre optimalt for Risø.

## ENGLISH SUMMARY

---

In 1983 a project concerning low temperature energy storage was started. The purpose of the project was to study the prospects of establishing a low temperature energy storage in an aquifer located at Risø. The project was a collaboration between The Laboratory of Energetic at Danish Technical Highschool, The geological Survey of Denmark and Risø National Laboratory. The project was financed by The Ministry of Energy.

During the project 2 wells have been drilled at Risø. In these wells various hydrogeological investigations have been made.

A sketch project concerning a low temperature energy storage using the already established wells is the end of the project. The energy storage is connected to the research reactor at Risø. The surplus heat meant for storage is available as cooling water from the research reactor at a temperature of 40°C. The heat stored is later on used in a heat pump already installed at Risø.

The sketch project explains the main feature of the plant and the approximate costs to establishing the plant. A subsequent detailed project will use this sketch project as basis.

### Conclusion:

The establishment of a low temperature aquifer storage at Risø will for several reasons be of interest:

1. The material of the aquifer is chalk. Chalk has never been used as a medium for energy storage. The establishment of a storage at Risø, therefore, will contribute information to aquifer thermal energy storage (ATES) research.
2. The energy storage will be done at a temperature of 35°C - 40°C in chalk. Normally chalk will precipitate at a temperature above 40°C. Nevertheless, a precipitation could take place at a lower temperature, since the material of the aquifer is chalk. Furthermore, a temperature of 30°C - 40°C will perhaps increase the growth of bacteria. This information the operation of a low temperature energy storage at Risø can give.
3. Economy at Risø.  
With the storage at Risø in operation Risø will economize 112 DKKr. per year in operations.

A project starting 1. November 1987 will use the sketch project as basis. In a period of two years the plant at Risø will be planned in detail, constructed and tested. This new project will be financed by the energy research program in EF, Teknologistyrelsen, Energistyrelsen and Risø National Laboratory. The project will be a collaboration between Nielsen & Rauschenberger, the Laboratory of Energetic at the Danish Technical Highschool, the Geological Survey of Denmark and Risø National Laboratory.

# SYMBOLLISTE

---

COP	effektfaktor	
$\dot{Q}_C$	kondensatoreffekt	(W)
$\dot{Q}_F$	fordampereffekt	(W)
$\dot{E}$	el-effekt	(W)
$\dot{V}_g$	grundvandsflow	(m <sup>3</sup> /h)
$\dot{m}_g$	grundvandsmassestrøm	(Kg/s)
$\dot{m}_k$	kølevandsmassestrøm	(Kg/s)
C	varmefylde	(kJ/kgK)
$\Delta p$	løftehøjde	(mVS)
$\rho$	massefylde	(Kg/m <sup>3</sup> )
$\dot{P}$	pumpeeffekt	(W)
g	tyngdeacceleration	(m/s <sup>2</sup> )
n	pumpevirkningsgrad	
T1	temperatur på kølevand, levering, før varmeveksler	(°C)
T2	temperatur på kølevand levering, efter varmeveksler	(°C)
T3	temperatur på grundvand levering, efter varmeveksler	(°C)
T4	temperatur på grundvand levering, før varmeveksler	(°C)
TI	temperaturmåler, indikering	
PIT	niveaumåler med alarm	
PT	pressostat	
PI	tryktransmitter, indikering	

DP	dykpumpe
BP	boosterpumpe
HV	håndventil
OV	on/off ventil
FI	flowmåler, indikering

## FIGURLISTE

---

- Figur 7.1 Placering af boringer
- Figur 7.2 DR3's kølevandssystem
- Figur 7.3 Varmelager tilkoblet DR3's kølevandssystem
- Figur 10.1 Varmepumpe/varmevekslersystem
- Figur 11.1 Pumpning/injektion på dipolsystem
- Figur 11.2 Varmelageranlæg med udtag på kølevandsside afhængig af årstid
- Figur 11.3 Varmelageranlæg med særskilt varmepumpekredsløb og med brug af fjordvarmeveksler ved lagring
- Figur 11.4 Varmelageranlæg med fast udtag på kølevandsiden
- Figur 11.5 Varmelageranlæg med fast udtag på kølevandside og med pumpe placeret før varmeveksler
- Figur 12.1 Temperaturforhold omkring lagervarmveksler
- Figur 15.1 Rørinstallation i varmepumpebygning
- Figur 16.1 Placering af ventiler på anlægget
- Figur 17.1 Forskellige urenheders partikelstørrelse
- Figur 18.1 Instrumentering på anlægget
- Figur 19.1 Styrede komponenter
- Figur 21.1 Installation i bygning som overbygning
- Figur 21.2 Krav til tørbrønd som overbygning
- Figur 21.3 Installation i tørbrønd



## TABELLISTE

---

- Tabel 12.1 Effektfaktor afhængig af kølevandstemperatur, målt
- Tabel 12.2 Effektfaktor afhængig af kølevandstemperatur, beregnet
- Tabel 12.3 Beregning af grundvandsflow
- Tabel 19.1 Oversigt over styrede komponenter
- Tabel 23.1 Risøs energibehov (1985)
- Tabel 23.2 Energiregnskab for et år

## 1. INDLEDNING

---

I Danmark dækkes en ret betydelig del af opvarmningsbehovet ved hjælp af fjernvarme. I en del tilfælde kan der her være behov for store termiske energilagre knyttet til fjernvarmesystemerne. Ved benyttelse af disse lagre kan belastningen af fjernvarmeværkerne udjævnes, og det kan blive muligt at udnytte spildvarmen produceret på tidspunkter med lavt varmeforbrug. Lagrene kan være korttids - såvel som sæson-lagre, lavtemperatur - såvel som højtemperaturlagre.

I begyndelsen af 70-erne fremkom tanken om at udnytte naturlige grundvandsreservoirer som varmelagre, og siden er der i flere lande blevet foretaget teoretiske studier vedrørende denne metodes praktiske gennemførlighed og rentabilitet. Matematiske modeller til simulering af sådanne lagres virkemåde er blevet udviklet, og flere praktiske eksperimenter er blevet foretaget.

I Danmark blev der i 1978 under Energiministeriet startet et projekt vedrørende varmelagrering i grundvandsreservoirer. Projektet var et samarbejde mellem Laboratoriet for Energiteknik på Danmarks Tekniske Højskole, Danmarks Geologiske Undersøgelse og Forskningscenter Risø. Formålet var teoretisk og eksperimentelt at undersøge mulighederne og økonomien for sådanne lagre. I første halvdel af 1982 blev der i projektets regi etableret et demonstrationsvarmelager i Kokkedal, tilsluttet det nærliggende forbrændingsanlæg.

Sideløbende med varmelagringsprojektet i Kokkedal blev der i 1982 under EFP bevilliget Laboratoriet for Energiteknik (DTH) et beløb til indledende udredningsarbejde med hen-

blik på varmelagring ved lavere temperaturer, idet der ved adskillige industrielle processer frigøres en del lavtemperaturrenergi, der senere kan udnyttes ved hjælp af varmepumpe.

I 1983 blev der startet et projekt under Energiministeriet vedrørende lavtemperaturvarmelagring. Projektet er ligesom det ovennævnte et samarbejde mellem Laboratoriet for Energiteknik (LfE), Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU) og Forskningscenter Risø. Projektets formål er at undersøge mulighederne for etablering af lavtemperaturlager i et grundvandsreservoir.

Risø er i projektets regi blevet udvalgt som lokalitet, idet der her findes overskudsvarme samt en varmepumpe der kan udnyttes. Der er her blevet udført 2 boringer til forundersøgelser. Under projektet er der ligeledes udført et skitseprojekt til et kommende demonstrationsanlæg. Skitseprojektet klarlægger anlægget i hovedtræk, rørdimensionen, rørføring, pumpeydelse, etc. samt omtrentlige omkostninger til etablering af anlægget. En efterfølgende detailprojektering vil tage udgangspunkt i dette skitseprojekt.

## 2. GRUNDVANDSVARMELAGRING

---

Danmark er næsten overalt dækket af istidsaflejringer med porøse vandfyldte lag, aquiferer. En billig metode til lagring af store mængder varmeenergi vil derfor være at udnytte disse grundvandsreservoirer som lagre.

Der skelnes mellem 2 typer af grundvandsreservoirer: det lukkede reservoir og det åbne reservoir. Det lukkede grundvandsreservoir består af et porøst vandmættet lag der opadtil og nedadtil er afgrænset af tætsluttende lerlag. Vandet vil således stå under tryk.

I det åbne reservoir mangler det øverste lerlag, og grundvandsoverfladen er direkte udsat for atmosfæretryk gennem de overliggende porøse lag. Vand kan sive direkte ned til grundvandet.

Det lukkede grundvandsreservoir egner sig til lagring ved lav såvel som ved høj temperatur. Lagringstemperaturen kan teoretisk set komme op i nærheden af kogepunktet. Det åbne reservoir egner sig kun for lagring ved lavere temperatur op til ca. 40°C og vil kunne anvendes i forbindelse med varmepumpeanlæg, idet temperaturen vil blive hævet til anvendelsesniveauet ved hjælp af varmepumpen.

Der har i nogle år været arbejdet med udnyttelse af grundvandsreservoirer til sæsonlagring af højtemperatur varme eksempelvis i forbindelse med kraftvarmeanlæg og affaldsforbrænding. Denne form for lagring har afstedkommet mange problemer, idet der ved opvarmning udfældes calciumkarbonat, som forårsager tilstopning af borer og tilkalkning af varmevekslere. Ved varmelagring ved højtemperatur er vandbehandling derfor nødvendig.

Ved opvarmning op til ca. 40°C vil der ikke ske nogen udfældning, og der forventes derfor færre problemer ved lavtemperaturvarmelagring.

I Danmark findes der næsten overalt grundvandsreservoirer af enten den lukkede eller den åbne type. Forundersøgelser har vist, at ca. halvdelen af de lokaliteter man havde fundet egnet i beliggenhed til varmelagring ville være egnede til lukkede reservoirer, mens alle ville kunne benyttes til åbne varmelagringsreservoirer. Der vil således være rige muligheder for etablering af et lavtemperatur varmelager, der hvor behovet findes.

### 3. LAGRINGSMATERIALER

---

De hidtidige forsøg, der er udført med varmelagring i grundvandsreservoir, har alle været baseret på et reservoir bestående af sand eller ler. Varmen lagres både i vandet i reservoirets porer og i det faste materiale bestående af sand eller ler. Varmekapaciteten afhænger af porøsiteten og er lidt lavere end vands ( $4,18 \text{ MJ/m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$ ) idet sands/lers noget lavere varmekapacitet (Ca.  $2,1 \text{ MJ/m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$ ) spiller ind. For en typisk porøsitet på 30% opnås eksempelvis en varmekapacitet på ca.  $2,7 \text{ MJ/m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Et alternativ til sand/ler reservoiret er et kalkreservoir. Denne type reservoir er hyppigt forekommende idet en stor del af undergrunden består af kalk. Ydermere vil der i reglen ikke være konflikter med almindelig drikkevandsforsyning i forbindelse med et kalkreservoir.

Et kalkreservoir består af kalkblokke og kanaler. Varmen lagres både i vandet i reservoirets kanaler og i kalkblokkene. Varmekapaciteten afhænger af kalkens struktur, idet det optimale kalkreservoir til varmelagring vil bestå af mange små kalkblokke, hvor varmen optages.

Varmelagring i kalkreservoir er endnu ikke afprøvet. Reservoiret på Risø er det første kalkreservoir, der vil blive afprøvet til varmelagring. Hvordan reservoiret er opbygget i struktur, vides endnu ikke.

#### 4. GEOLOGISKE BETINGELSER

---

De krav, der stilles til geologien på en given lokalitet, knytter sig til:

1. Reservoirets permeabilitet, dvs. evne til at lade vand passere.
2. Tilstedeværelsen af tætte begrænsede lerlag nederst og eventuelt også øverst.
3. Reservoirets størrelse og geometri, dvs. udstrækningen af lerlagene og lagtykkelse af reservoiret.
4. Den naturlige grundvandstilstrømning.
5. Vandkemiske forhold.

Ad 1. Reservoirets permeabilitet er en afgørende størrelse der influerer på lagerets virkningsgrad og også på den opnåelige spidslasteffekt. Hvis permeabiliteten er for høj, vil de lodrette varmem fronter kæntre på grund af det varme vands opdrift. Dette medfører et forøget varmetab. En for lav permeabilitet kan derimod resultere i en for lav spidslasteffekt. Det mulige permeabilitetsområde i varmelagringshenseende ligger i intervallet 1 - 100 Darcy ( $1 \text{ Darcy} = 10^{-12} \text{ m}^2$ ). Permeabiliteten må dog vurderes sammen med de øvrige geologiske data for reservoiret, temperaturforhold og driftsmønster.

Ad 2. Tilstedeværelsen af tætte begrænsede lerlag øverst og nederst er kun en forudsætning for grundvandsreservoirer af den lukkede type, der er nødvendig for højtemperaturvarmelagring. Ved lavtemperaturvarmelagring kan der ses bort fra disse lerlag.

Ad 3. Reservoirets lagtykkelse og udstrækning vil være bestemmende for lagerets kapacitet og vil ligeledes influere på lagerets virkningsgrad. Ved udførelse af undersøgelsesboringer kan reservoirs lagtykkelse det pågældende sted bestemmes.

Ad 4. Den naturlige grundvandsstrømning er en vigtig parameter i forbindelse med grundvandsvarmelagring, idet en stor naturlig grundvandsstrømning vil få varmekontakten til at flytte sig u hensigtsmæssigt i forhold til reservoiret.

Hvis den naturlige grundvandsstrøm gennem reservoiret er over en vis størrelse, er det derfor nødvendigt at etablere aflastningsboringer for at skabe en stagnation. Metoden bygger på, at man fra en eller flere boringer i opstrøms retning oppumper grundvand, som i rør ledes uden om lageret og injiceres i en eller flere brønde nedstrøms for lageret.

Ad 5. Grundvands indhold af opløste salte og luftarter kan give anledning til visse praktiske problemer. Især kan indholdet af calciumkarbonat (hårdheden) give problemer i forbindelse med udfældninger i varmevekslere og brønde. Ved en lagringstemperatur over ca. 40°C, er en behandling af vandet nødvendigt.

Hvis der er opløste luftarter i vandet, som frigøres under lagringsprocessen, kan det være nødvendigt med installation af et afgangsanlæg.

Ved lavtemperaturvarmelagring giver vandkemien ikke umiddelbart problemer.



## 5 . MILJØMÆSSIGE ASPEKTER

---

Anlæg til varmelagring i grundvandsreservoir skal godkendes af Miljøstyrelsen efter Miljøbeskyttelseslovens §11.

En afgørende betingelse ved udvælgelsen af grundvandsreservoir til varmelagring er, at man ikke kommer i konflikt med drikkevandsforsyningen. Det må derfor sikres, at der ikke finder vandindvinding sted inden for en vis afstand fra anlægget. Problemet kan undgås ved at udnytte et grundvandsreservoir, der ikke står i hydraulisk forbindelse med det reservoir, hvorfra vandindvindingen foregår.

Temperaturen i reservoiret antages ikke at give problemer med hensyn til ændret bakterievækst.

En eventuel vandbehandling må så vidt muligt foregå uden at ændre vandets kemiske sammensætning. Da der ikke på nuværende tidspunkt er færdigudviklet metoder til løsning af f.eks. kalkudfældningsproblematikken, har miljømyndighederne ingen generelle retningslinier i forbindelse hermed endnu.

Ved højtemperaturvarmelageret i Hørsholm er der dog fra Miljøstyrelsens side givet tilladelse til at give det oppumpede grundvand en saltsyrebehandling, hvorved kloridindholdet i grundvandet vil blive øget. Tilladelsen er givet under den forudsætning at udbredelsen bliver holdt under nøje kontrol ved et kloridanalyseprogram i reservoiret og med den begrundelse, at vandmængden om nødvendigt kan bortpumpes. Miljøstyrelsen vil ikke fremtidigt være indstillet på at give tilladelse til saltsyrebehandling eller evt. tilsætning af andre stoffer, hvis det ikke med sikkerhed kan dokumenteres, at grundvandsmagasinerne ikke

bliver forurennet.

Ved opvarmning af grundvandet op til ca. 40°C vil der sandsynligvis ikke ske kalkudfældning, og vandbehandling vil ikke være nødvendig. Der vil ikke umiddelbart finde nogle kemiske reaktioner sted i grundvandet, der kan give anledning til miljømæssige problemer.

I medfør af Miljøbeskyttelseslovens §11 har Miljøstyrelsen givet tilladelse til nedpumpning af opvarmet grundvand på Risø på følgende vilkår:

1. Der skal foretages en registrering af tidspunkter for op- og nedpumpning af vand fra varmelageret.
2. Før anlægget tages i brug skal der udføres en analyse af grundvandet svarende til udvidet kontrol, jfr. Bilag 3 i Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 6 af 4. januar 1980 om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg, som ændret ved bekendtgørelse nr. 468 af 16. september 1983. Analyserne skal indsendes til Miljøstyrelsen, så snart de foreligger.
3. Hvert halve år i den 2årige forsøgsperiode d.v.s. 3-4 gange, skal der på oppumpet vand foretages analyser for indholdet af følgende stoffer: Calcium, Magnesium, Bicarbonat, pH, Klor, Sulfat og Nitrat.
4. Ved forsøgsperiodens afslutning skal der foretages en analyse af grundvandet svarende til udvidet kontrol i Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 6 af 4. januar 1980 om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg, som ændret ved bekendtgørelse nr. 468 af 16. september 1983. Analyserne skal indsendes til Miljøstyrelsen så snart de foreligger.

5. Hver gang der foretages en oppumpning fra varmelageret, udføres kontrol af vandets bakteriologiske kvalitet ved måling af:

kimal ved 37°C

kimal ved 21°C.

Desuden skal vandets temperatur måles. Analyserne og temperaturmålingerne skal indsendes til Miljøstyrelsen.

## 6 . VALG AF LOKALITET

---

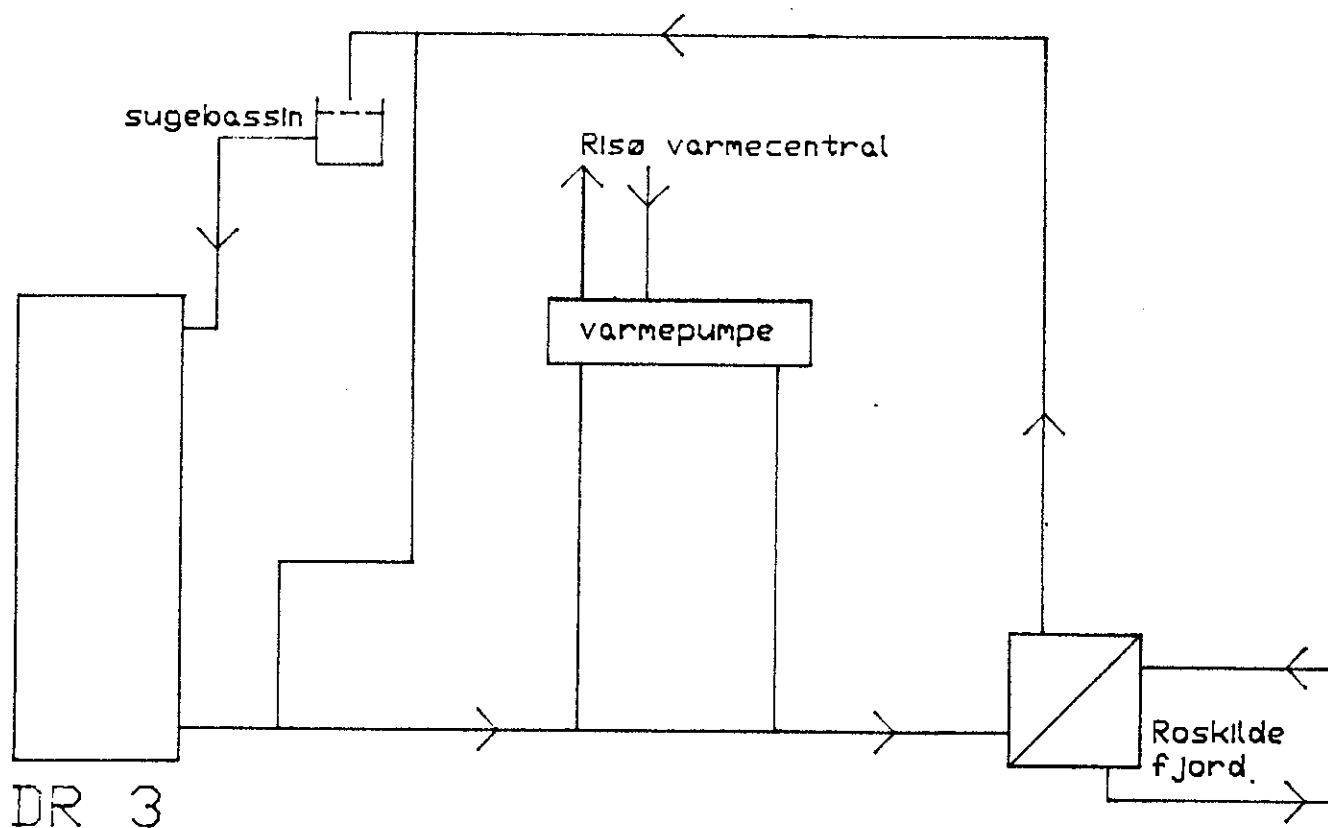
I 1982 blev der bevilliget et beløb til indledende udredningsarbejde angående lavtemperaturlagring i grundvandsreservoir. I 1983 blev det, for at undersøge mulighederne for at etablere et lavtemperaturlager i et grundvandsreservoir, besluttet at der skulle etableres nogle undersøgelsesboringer med henblik på at afklare de hydrogeologiske forhold på den pågældende lokalitet, der siden hen skulle kunne benyttes til etablering af et lavtemperaturvarmelagringsanlæg. Den udvalgte lokalitet skulle derfor ligge i nærheden af en producent af lavtemperaturoverskudsvarme, samtidig med at lavtemperaturvarmen det pågældende sted skulle kunne udnyttes på et senere tidspunkt. På Risø produceres der overskudsvarme ved ca. 40°C ved forsøgsreaktoren samtidig med at den lagrede varme under reaktornedlukningen kan udnyttes ved hjælp af en eksisterende varmepumpeinstallation. Med disse synspunkter taget i betragtning, blev Risø udvalgt til lokalitet for etablering af undersøgelsesboringer med henblik på senere lavtemperaturvarmelagring.

## 7. PROJEKTBEKRIVELSE

---

Der blev i vinteren 1984 etableret 2 undersøgelsesboringer på Risø. Boringerne er beliggende på marken mellem Behandlingsstationen og Metallurgiaafdelingen, ca. 500 m fra Risø's forsøgsreaktor DR 3, Figur 7.1.

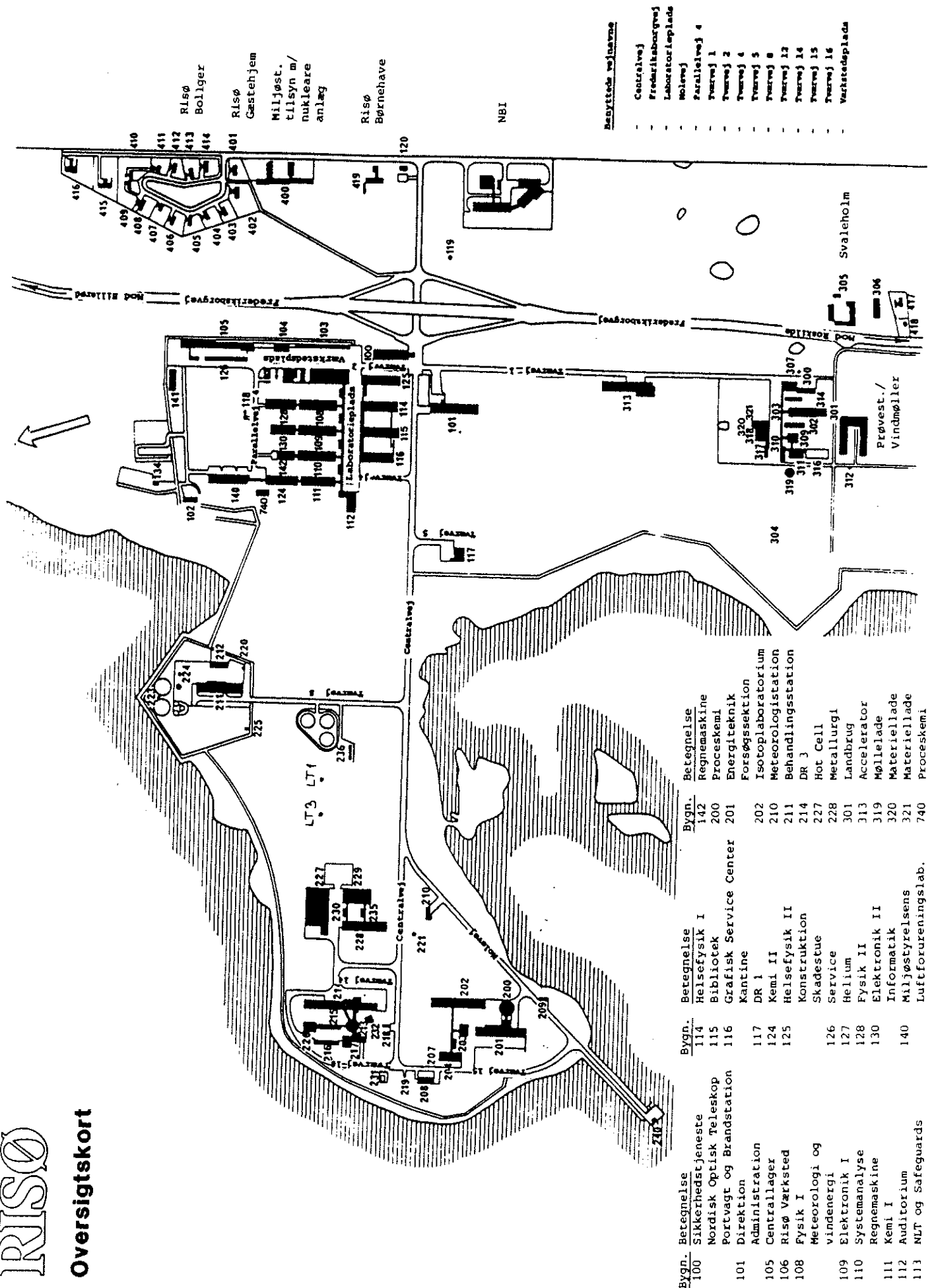
Når forsøgsreaktoren er i drift, bliver den kølet via et kølesystem tilknyttet Roskilde Fjord, Figur 7.2. Kølevandets temperatur er ca. 40°C. Ved køleprocessen frigøres en termisk effekt på 10 MW fra reaktoren. Indtil 2,0 MW af denne termiske effekt udnyttes i øjeblikket af Risø varmepumpe. Resten ledes via fjordkøleanlægget tilbage til Roskilde Fjord.



Figur 7.2 DR 3's kølevandssystem.

# RISØ

## Oversigtskort



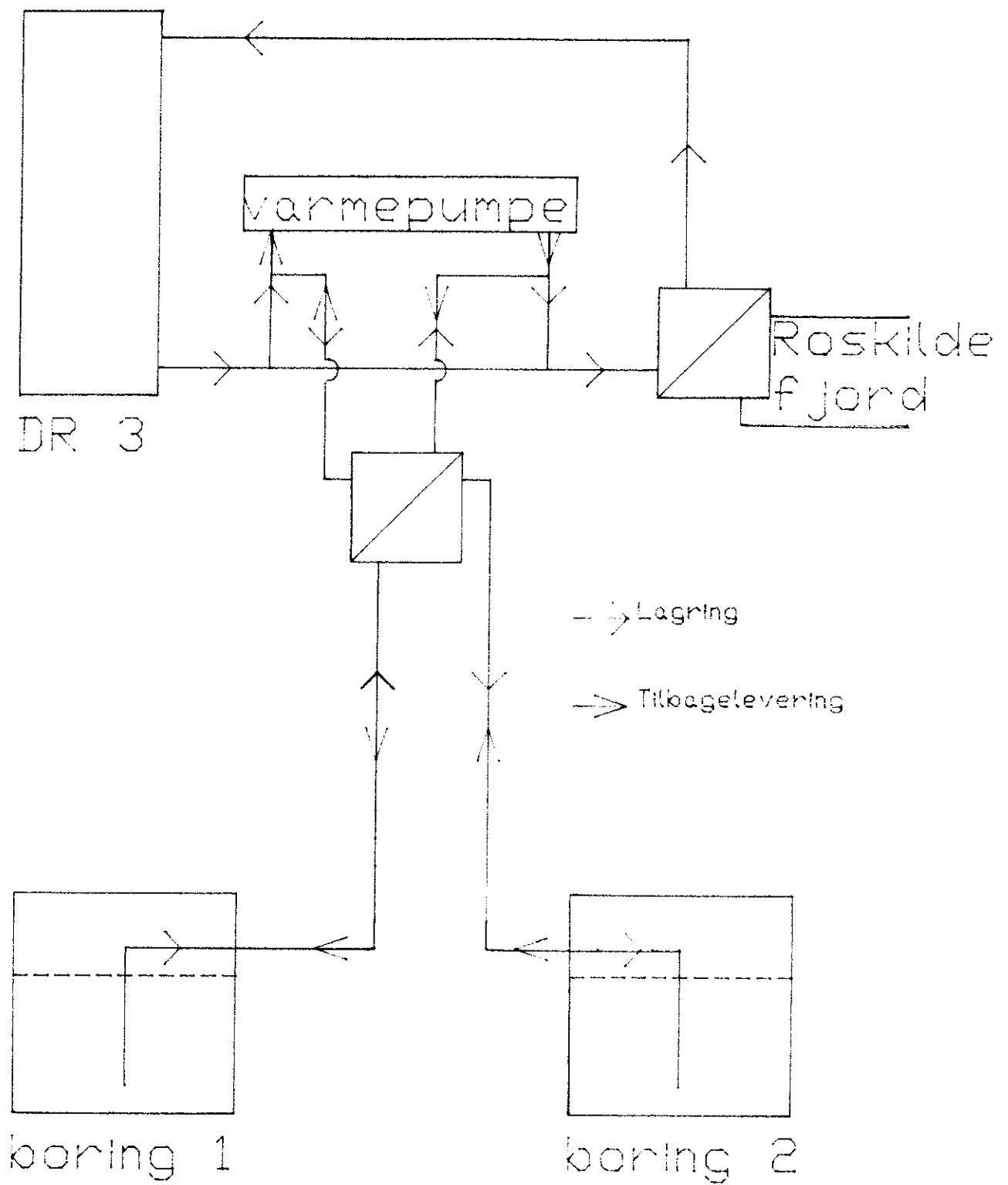
5 dage hver 4. uge lukkes reaktoren ned for forsøgsskift og vedligeholdelse. I denne periode frigøres der ingen termisk effekt, der kan udnyttes i varmepumpen. Varmepumpen nyttiggøres derfor ikke i denne nedlukningsperiode.

Ved at tilknytte et varmelager til systemet vil det være muligt at udnytte varmepumpen konstant. Når reaktoren er i drift, kan en del af den overskydende termiske effekt oplagres i varmelageret. Under nedlukning af reaktoren kan den oplagrede termiske effekt nyttiggøres i varmepumpen.

Via en varmevekslerstation forbindes lavtemperaturvarmelageret til DR 3's kølevandssystem, Figur 7.3. Når reaktoren er i drift ledes kølevandet ind i varmepumpesystemet. Inden varmepumpen fordeles kølevandet således at en del ledes gennem varmepumpen, mens resten af kølevandet ledes gennem varmeveksleren. Kølevandet afkøles i varmepumpe og varmeveksler og sendes derefter samlet retur til fjordkøleanlægget. I varmelageret pumpes grundvand op fra boring 1, opvarmes i varmeveksleren og injiceres i boring 2.

Når reaktoren er lukket ned, pumpes det varme grundvand op fra boring 2, afkøles i varmeveksleren og injiceres i boring 1. I varmepumpesystemet ledes vandet gennem varmeveksleren, opvarmes her og udnyttes i varmepumpen. Det vil således være muligt at bruge varmepumpen som varmekilde også under nedlukning af reaktoren.

Varmelagerets cyklus vil blive 23,5 dages lagring og 4,5 dages tilbagelevering. Varmelagringen vil foregå ved 60 m<sup>3</sup>/h ved en nedpumpet grundvandstemperatur på ca. 37°C. Tilbageleveringen vil foregå ved 90 m<sup>3</sup>/h. Den termiske effekt tilbageleveret til varmepumpen vil være 1,12 MW ved en temperatur på ca. 27°C. I varmepumpesystemet vil flowet på primærsiden ved varmelagring være 180 m<sup>3</sup>/h og 360 m<sup>3</sup>/h ved tilbagelevering.



Figur 7.3 Varmelager tilkoblet DR 3's kølevandssystem



## 8 . FORUNDERSØGELSER

---

For at undersøge dispersionsforholdene i kalkreservoiret beliggende sydvest for Behandlingsstationen på Risø blev der i 1984 etableret 2 boringer LT 1 og LT 3 på området, hvori der af Danmarks Geologiske Undersøgelse er blevet udført geofysisk logging, pumpetest, salttest samt tracerforsøg.

Boringernes placering fremgår af Figur 7.1.

Lagdelingen i jorden på det pågældende område er groft taget som følger:

0 - 15 m.u.t.	smeltevandsaflejring
15 - 35 m.u.t.	smeltevandsaflejring, finkornet
35 - 45 m.u.t.	istidsaflejring, moræneler
45 - 60 m.u.t.	danienkalk, stærkt opsprækket
60 - ? m.u.t.	danienkalk

En mere detaljeret lagdeling fremgår af borejournalerne, Bilag 1 og 2.

Boring LT1 er en 8" boring, 60 m dyb, mens boring LT3 er en 10" boring, 80,5 m dyb. Der er 100 m mellem boringerne. Lageraquiferen består af danienkalk beliggende med overfladen i 43 meters dybde.

I det følgende er de væsentligste konklusioner fra ovennævnte tests omtalt. Konklusionerne er baseret på en rapport fra DGU "Rapport over de hydrogeologiske undersøgelser i forbindelse med lavtemperaturvarmelagringsprojektet på Risø." Rapporten er vedlagt som Appendix 1.

### 8.1 Prøvepumpning

Der blev i 1984 udført prøvepumpning på begge borerne. Boring LT1 kunne da yde  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  ved 5,85 m sækning, mens boring LT3 kunne yde  $11 \text{ m}^3/\text{h}$  ved 0,65 m sækning, svarende til:

LT1:  $3,4 \text{ m}^3/\text{time}/\text{ms}$ .

LT3:  $16 \text{ m}^3/\text{time}/\text{ms}$ .

### 8.2 Salttest

Der er desuden gennemført en salttest i hver af borerne for at bestemme indstrømningsprofilen i de to borer. Det er således påvist, at indstrømningen under pumpning på  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  fra boring LT3 sker i intervallet 46 - 57 m (bore-røret sidder 46 m.u.t., men kalken antages at være stærkt vandførende fra 43 m's dybde).

Ud fra salttesten er indstrømningsfordelingen beregnet til følgende:

Interval:

(43) 46 - 50 m under terræn	ca. 75%
50 - 53 m under terræn	ca. 15%
53 - 57 m under terræn	ca. 10%
57 - 80 m under terræn	ikke målelig indstrømning

### 8.3 Tracertest

For at få et kvalitativt billede af dispersionens størrelse omkring borerne, er der udført et tracerforsøg med oppumpning af vand fra boring LT1 og nedpumpning af vandet

i boring LT3. Efter 3 døgn's pumpning er der tilsat tracer til pumpevandet, og nedpumpningen af tracer i LT3 er fortsat et døgn. Herefter er pumpningen stoppet og tilbagepumpningen fra LT3 til Roskilde Fjord er påbegyndt under måling af tracerkoncentrationen.

Nedpumpning af tracer er sket ved  $9,5 \text{ m}^3/\text{h}$  i 21,88 timer svarende til ca.  $208 \text{ m}^3$ .

Tilbagepumpning af tracer er foregået ved  $10,9 \text{ m}^3/\text{h}$  i 360 timer svarende til  $3924 \text{ m}^3$ .

Der er således tilbagepumpet en vandmængde på 18,9 gange den nedpumpede. Denne betydelige fortynding er et udtryk for den dispersion, der sker i kalkreservoiret, men i høj grad også et resultat af strømningsgeometrien under ned- og oppumpning, idet der ved nedpumpning op/ned-pumpes på begge boringer, mens der kun er pumpet på den ene boring ved oppumpning (se yderligere i rapporten Appendix 1).

Varmefordelingens frontbevægelse er dog en ganske anden end vandpartiklernes, idet varmen i vandet afgives til kalkblokkene. Herved begrænses dispersionen væsentligt, og forholdet mellem nedpumpet og oppumpet vandmængde for indvinding af varme nedbringes.

#### 8.4 Pumpetest

Den første prøvepumpning i 1984 på boringerne LT1 og LT3 forløb ved  $27 \text{ m}^3/\text{h}$ . Da boringerne skal kunne yde omkring  $90 \text{ m}^3/\text{h}$ , blev det besluttet at udføre en ny prøvepumpning i 1987 ved højere kapacitet.

En prøvepumpning på boring LT1 har herved vist, at boringen højst kan yde  $35 \text{ m}^3/\text{h}$ , idet vandspejlet ved højere ydelse bliver meget ustabil.

En prøvepumpning på boring LT3 viser, at boringen kan yde 60 m<sup>3</sup>/h. Ved tryksyring kan boringen højst sandsynligt komme op på 80 - 90 m<sup>3</sup>/h.

Sænkningen stiger jævnt på begge boringer ved højere ydelse:

Boring LT1:

$\dot{V} = 10 \text{ m}^3/\text{h}$	$\dot{V}/s = 5,18 \text{ m}^3/\text{h/ms}$
20 m <sup>3</sup> /h	3,97 m <sup>3</sup> /h/ms
30 m <sup>3</sup> /h	2,14 m <sup>3</sup> /h/ms
35 m <sup>3</sup> /h	1,28 m <sup>3</sup> /h/ms

Boring LT3

$\dot{V} = 10 \text{ m}^3/\text{h}$	$\dot{V}/s = 18,87 \text{ m}^3/\text{h/ms}$
20 m <sup>3</sup> /h	13,07 m <sup>3</sup> /h/ms
30 m <sup>3</sup> /h	8,26 m <sup>3</sup> /h/ms
40 m <sup>3</sup> /h	4,15 m <sup>3</sup> /h/ms
50 m <sup>3</sup> /h	3,10 m <sup>3</sup> /h/ms
60 m <sup>3</sup> /h	2,33 m <sup>3</sup> /h/ms

Prøvepumpningen har vist, at ingen af boringerne kan yde 90 m<sup>3</sup>/h på nuværende tidspunkt. Boring LT3 vil dog sandsynligvis kunne yde 90 m<sup>3</sup>/h efter tryksyring.

Da det for projektets drift er nødvendigt med en ydelse på omkring 90 m<sup>3</sup>/h, vil det derfor være nødvendigt at tryksyre boring LT3 og etablere en ny boring istedet for boring LT1. Viser den nye boring sig ikke i stand til at yde 90 m<sup>3</sup>/h kan alternativet være at benytte alle 3 boringer, idet der pumpes op af de 2 dårligste og ned i den bedste af boringerne.

Skitseprojektet er dog udført ud fra den betragtning, at systemet bliver et dipolsystem, og boringerne er overalt benævnt LT1 og LT 3.

En fordelagtig placering af den nye boring vil være vest for boring LT3, idet reservoiret herved rykker tættere på overskudsvarmekilden.

#### 8.5 Varmeinjektionsforsøg

I forbindelse med ovennævnte prøvepumpning er der gennemført et varmeinjektionsforsøg for at undersøge varmestrømningen i kalkreservoiret.

Boring LT1 og boring LT3 er blevet forbundet via den på Risø eksisterende fjordvarmeveksler. Grundvand er pumpet op fra boring LT1, opvarmet i varmeveksleren og injiceret i boring LT3. Der blev ialt pumpet 23 dage ved  $35 \text{ m}^3/\text{h}$ . Injektionstemperaturen i den varme boring har gennemsnitligt været  $33,5^\circ\text{C}$ .

Den laveste temperatur injiceret har været  $31,2^\circ\text{C}$ , mens den højeste temperatur injiceret har været  $36,3^\circ\text{C}$ .

Der kom ikke gennemslag efter 23 dages oppumpning, d.v.s. varmefronten har ikke accelereret ud gennem spalter i retning af LT1, men har sandsynligvis oplagret sig i kalkblokkene i reservoiret. Varmen kan dog have fundet spalter i andre retninger.

Efter 2 dages stilstand er der blevet pumpet op fra den varme boring ud til fjorden. Der blev således pumpet i 28 døgn ved  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ . Oppumpningstemperaturen var i starten  $30,5^\circ\text{C}$ , mens der i 50 meters dybde blev målt en temperatur på  $36,2^\circ\text{C}$ . Temperaturen var jævnt stigende ned gennem reservoiret. Temperaturen er gennemsnitligt faldet  $0,5^\circ\text{C}$  om dagen og var efter 28 døgn pumpning nede på  $15,7^\circ\text{C}$  i oppumpningstemperatur.

## 9. GRUNDVANDSANALYSER

---

I reference 1 (redegørelsen for højtemperaturvarmelagre) kan der læses om grundvandskemi i Kapitel 4 og 5 samt i Bilag 1. Der er her beskrevet et udførligt forundersøgel-  
sesprogram, herunder hvilke stoffer, der bør indgå i den  
kemiske analyse. Herudfra kan risikoen for korrosion,  
udfældninger og tilstopninger vurderes, og et eventuelt  
vandbehandlingsanlæg kan skitseres. Redegørelsen beskæf-  
tiger sig med lagre, hvor vandet opvarmes til mellem 80°C  
og 150°C. I varmelageret på Risø bliver grundvandet dog  
kun varmet op til 40°C og problemerne vil derfor være  
betydeligt mindre.

I højtemperaturvarmelageret i Hørsholm tilsættes saltsyre  
til grundvandet for at forhindre kalkudfældning ved opvar-  
mning. Det benyttede apparatur har givet mange problemer  
og det vil være en stor fordel, hvis noget tilsvarende kan  
undgås på Risø. Miljøstyrelsen har i juni 1987 givet  
tilladelse til drift af varmelageret i 2 år, men der er i  
denne ansøgning ikke søgt om tilladelse til tilsætning af  
kemikalier til grundvandet.

### 9.1 Vandanalyse.

De to prøver er blevet opvarmet til 40°C. Dette gav ingen  
kalkudfældning.

	LT1	LT3
Cl <sup>-</sup>	18	19
F <sup>-</sup>	0,6	0,6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2	2
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	4	3
PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	<1	<1
Na	13	19
K	8	5
Ca	15	20
Mg	33	36
Fe	<0,3	<0,3
Mn	<0,5	<0,5
Al	<1	<1
Si	8	9
PH	8,6	8,4
Alkalitet	183	248

Alle værdier er i ppm.

## 9.2 Udfældninger

Det væsentlige spørgsmål er, om der vil udfældes kalk og i hvilke mængder. Da vandet kommer fra et kalkreservoir, vil man umiddelbart forvente kalkudfældning ved opvarmning.

Grundvandet bliver imidlertid kun opvarmet til 40°C og en udfældning vil først ske ved højere temperatur. De foreløbige analyser efterviser dette, da prøverne ved opvarmning til 40°C ikke gav kalkudfældning.

Endvidere skal det klarlægges om trykændringerne påvirker ligevægtene og om der afgasses kuldioxid.

Forholdene vedrørende øvrige carbonater, silikater, mangan, jern og sulfat skal ligeledes overvejes. Udfældning vil kun kunne ske, hvis et af opløselighedsprodukterne overskrides ved opvarmning eller afkøling.

De stoffer i reservoiret, hvis opløselighed stiger med temperaturen, vil kunne opløses af det varme grundvand. Når grundvandet igen opvarmes vil der være mulighed for udfældning ved afkøling. Problemet er mest sandsynligt for  $\text{SiO}_2$ . Dette vil udfældes i varmeveksleren eller i det lunkne borehul. Mængden er ikke stor nok til at berøre boringernes vandydelse, men der kan komme afsætninger i varmeveksleren. Imidlertid forløber reaktionen langsomt og vandets afkøling i varmeveksleren er så lille, at der ikke forventes at blive problemer med udfældning af  $\text{SiO}_2$ .

### 9.3 Korrosion

Erfaring fra Hørsholm Varmelager har vist, at ubehandlede stålrør hurtigt kan tære igennem. For at undgå sådanne korrosionsproblemer er der i Risø Varmelager valgt PEH som materiale.

Plastmaterialer giver ikke korrosionsproblemer og ved  $40^\circ\text{C}$  bevarer PEH sin fulde styrke. Grundvandet vil dog komme i kontakt med metaller i ventiler, varmeveksler, borerør med videre. Dykpumperne og varmeveksleren er af rustfrit stål og i begge tilfælde kan der vælges mellem 18/8 eller syrefast stål.

Selvom der forbruges ilt i korrosionsforløbet, har det vist sig at lave iltkoncentrationer medfører hurtigere korrosion end iltrigt vand. Dette skyldes, at der i det iltfattige vand ikke bliver dannet beskyttende belægninger, som kan hindre korrosionen. Anvendelse af materialer som støbejern, stål og varmemeforzinket stål til grundvand



ved 40°C er derfor forbundet med en betydelig korrosionsrisiko. Ligeledes korroderer rustfrit stål hurtigere i iltfattigt vand end i iltrigt.

Et plastrør er ikke som et metalrør ilttæt. Dette betyder, at omkringliggende ilt kan diffundere ind i et plastrør og ilte vandet. Hermed er plasticsystemet årsag til en større iltning af vandet hvorved der dannes beskyttende lag på ventiler, varmevekslere etc., som hindrer korrosion.

Belægninger på varmevekslere vil dog nedsætte varmeovergangen. Varmeveksleren bør derfor udføres i syrefast rustfri stål, således at den jævnligt kan udsyres.

#### 9.4     Bakterier

Forekomsten af bakterier vil ligeledes kunne give belægninger på bl.a. filtrene og dermed stoppe vandstrømmen. Temperaturniveauet vil være gunstigt for bakterierne, men koncentrationen af de opløste næringsstoffer er lille. Hvis rørsystemet er tæt vil der være anaerobe forhold, hvilket hæmmer bakterievæksten.

Eventuelle problemer med bakterier kan udbedres med klorering. Dette skal der dog søges tilladelse til af miljømyndighederne.

## 10. BESKRIVELSE AF VARMEPUMPEANLÆGGET OG RISØ'S FORSØGSREAKTOR DR 3

---

Risø's forsøgsreaktor DR3 bliver brugt til bestrålingsforsøg. Når den er i drift, afgiver den 10 MW termisk energi, som bliver fjernet i et system, hvor der indgår 3 kredsløb: et med tungt vand, et med kølevand og et med fjordvand. Kredsløbene er forbundet via to varmevekslere. Disse vil i det følgende blive benævnt tungtvands- og fjordvarmeveksleren.

### 10.1 Tungtvandskredsløbet

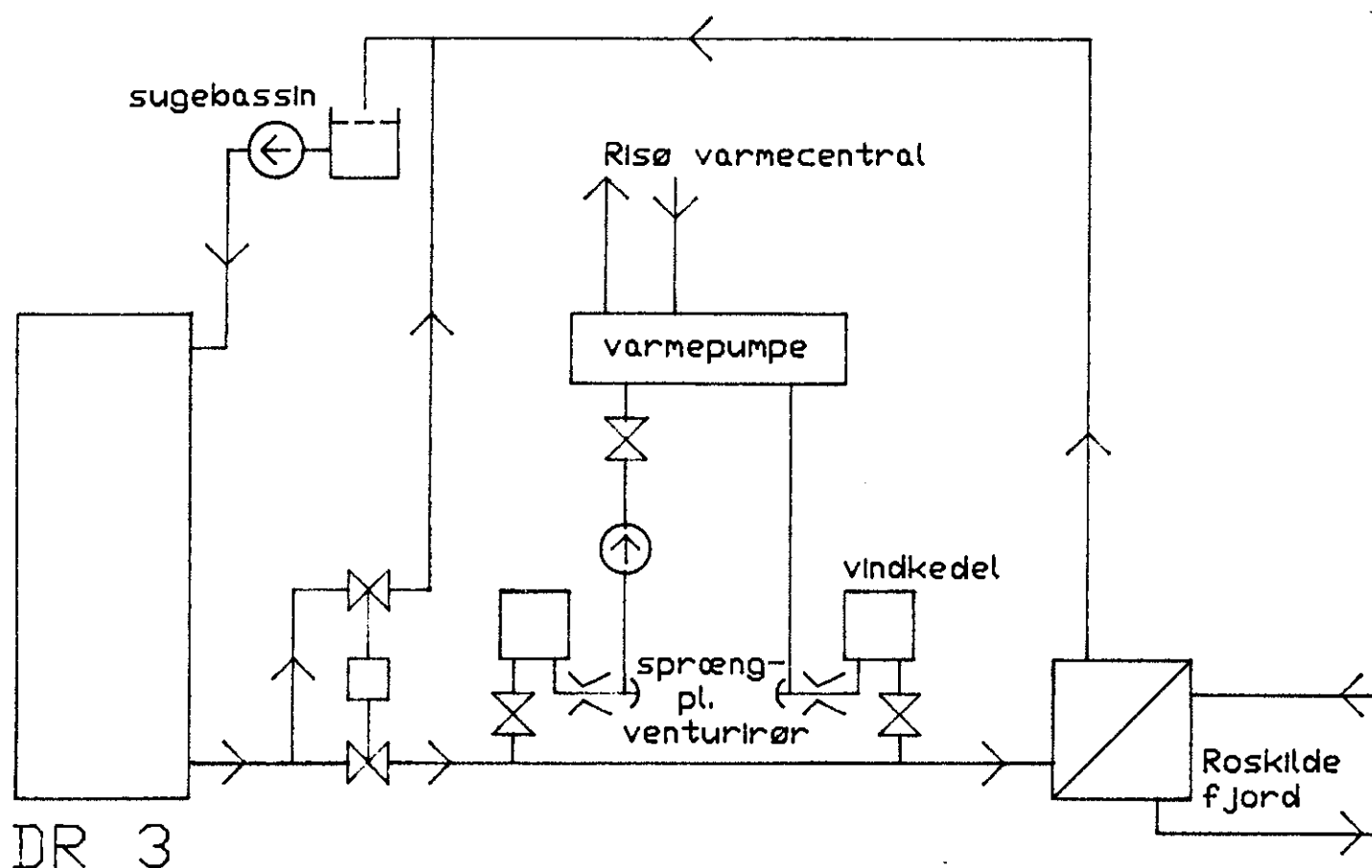
Det tunge vand, der cirkulerer med en temperatur på 50-55°C, optager varme i reaktoren og afgiver det til kølevandet via tungtvandsvarmeveksleren. Af sikkerhedsmæssige hensyn kan der ikke ændres på tungtvandskredsløbet. Hvis noget af reaktoreffekten skal udnyttes, er man derfor henvist til at bruge kølevandet.

### 10.2 Kølevandskredsløbet

Tungtvandsvarmeveksleren er anbragt i reaktorbygningen, mens fjordvarmeveksleren er anbragt ved fjorden. På strækningen på ca. 100 m mellem disse to varmevekslere strømmer kølevand.

Under reaktordriften strømmer der kølevand til tungtvandsvarmeveksleren. Kølevandsflowet varierer mellem 325 Kg/s og 375 Kg/s. Tungtvandstemperaturen er generelt 50°C om vinteren og 55°C om sommeren. Kølevandet ændrer derfor tilsvarende temperaturen efter årstiden. I tungtvandsvarmeveksleren bliver kølevandet opvarmet fra ca 34°C til

40°C. Fjordvandets temperatur varierer med årstiden, men da man altid ønsker de samme forhold omkring tungtvands-varmeveksleren, er der indført en art shunt-regulering på kølevandet, se Figur 10.1. Dette betyder, at der om sommeren strømmer ca. 400 Kg/s kølevand til fjorden, mens der om vinteren kun er ca. 100 Kg/s.



Figur 10.1 Varmepumpe/varmevekslersystem.

### 10.3 Fjordvandskredsløbet

Kølevandet bliver afkølet med vand fra Roskilde fjord. Kloridindholdet er så stort, at det har været nødvendigt at udføre de 2 fjordvarmevekslere i titan.

#### 10.4 Varmepumpen

Kølevandets temperatur på 40°C er for lav til, at varmen direkte kan bruges i det eksisterende varmeanlæg på Risø. I 1983 blev der imidlertid taget et varmepumpeanlæg i brug, der ved normal drift optager indtil 2 MW fra kølevandet og leverer op til 2.5 MW til Risøs varmforsyning.

Varmepumpeanlægget består af tre enheder og deres tilslutning til kølevandskredsen fremgår af Figur 10.1. Der er i varmepumpeanlægget anbragt vindkedler, venturi-rør og sprængplader, der skal beskytte tungtvandsvarmeveksleren mod sprængning ved brud på fordamperen.

De tre varmepumper er ens. De har stempelkompressorer, hvor antallet af indkoblede cylindre kan varieres efter belastningen. Temperaturen i Risøs varmforsyning er omkring 60°C og det har vist sig at være muligt at opnå en gennemsnitlig effektfaktor på ca. 4,0. En kort beskrivelse af varmepumpeanlægget er vedlagt i Appendix 2.

Risøs maksimale varmebehov er 5 MW og det er derfor nødvendigt i en stor del af året at supplere med varme fra kedelcentralen. Dette betyder dog også at varmepumperne kan køre på fuldlast i en stor del af året, hvilket har givet en hurtig tilbagebetalingstid.

Reaktoren DR 3 kører i en cyklus, hvor den gennemsnitligt er i drift i 23,5 døgn og nedlukket i 4,5 døgn. Dette giver mulighed for at lagre varme fra kølevandet under reaktordriften og levere varme til varmepumperne under nedlukningen.

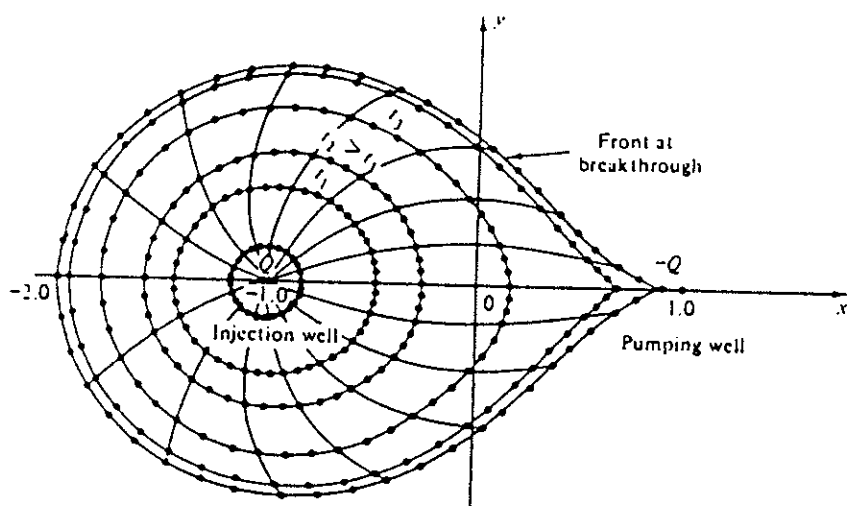
## 11. ANLÆGSBESKRIVELSE

---

Varmelagringsanlægget kan opdeles i en grundvandsside og en udbygget kølevandsside, som er indbyrdes forbundet via en varmeveksler. Denne er i det følgende benævnt lagervarmeveksleren. Der har været overvejet en del forskellige udformninger af anlægget. I det følgende bliver der først gennemgået nogle fællestræk ved grundvandssiden og kølevandssiden, dernæst diskuteres der nogle forslag og til sidst udvælges det endelige anlæg.

### 11.1 Grundvandsside

Varmelageranlægget er tænkt etableret som et dipolsystem, hvor der oppumpes grundvand fra en boring og injiceres grundvand i en anden boring. Figur 11.1 viser forløbet af vandfronten indtil gennemslag ved pumpning og injektion af samme vandmængde i to ens borer i et homogent reservoir. Afstanden mellem de to borer fastlægges ud fra kravet om, at der ikke må være termisk kortslutning mellem dem, hvilket vil sige, at det skal være muligt at lagre den ønskede varmemængde omkring den ene boring, uden at temperaturfronten kommer for nær oppumpningsboringen. Sker dette, stiger temperaturen af det oppumpede vand, og for at undgå dette kræves, ifølge Reference 1, at afstanden mellem borerne er 3 gange så stor, som den termiske influensradius beregnet under nogle idealiserede forhold. Temperaturen af det oppumpede vand vil ikke stige brat, og der er derfor mulighed for at lagre mere varme, end afstanden mellem borerne er dimensioneret til.



Figur 11.1 Pumpning/Injektion på dipolsystem

I hver boring skal der være en dykpumpe. Da der ikke kan injiceres vand gennem pumperne, skal der ved hver boring være en forgrening med en styret ventil (se evt. grundvandssiden på Figur 11.2 - 11.5).

Rørsystemet på grundvandssiden kan laves på to måder. Den ene måde er vist på Figur 11.4 og det karakteristiske er, at strømningsretningen gennem lagervarmeveksleren er modsat ved lagring og levering. Den anden måde er vist på Figur 11.2, hvor det ved hjælp af nogle styrede ventiler opnås at strømningsretningen gennem varmeveksleren altid er den samme.

## 11.2 Kølevandsside

I de viste figurer bliver det varme grundvand i leverings-tilfældet varmevekslet med kølevand, som dernæst sendes gennem varmepumpen. Varmevekslingen medfører, at der tabes nogle grader i leveringstemperatur, hvilket giver en lavere COP. Det ville derfor være energioekonomisk mest fornuftigt at sende grundvandet direkte gennem varmepumpernes fordampere. Der er to grunde til at denne ide ikke vil blive gennemført. Kølevandsflowet på 100 Kg/s er parallelt forbundet til de 3 varmepumper, hvorved flowet bliver 33 Kg/s gennem hver fordamper. Med de to brønde, der indtil nu er etableret, er det højst muligt at opnå et flow på 25 Kg/s (90 m<sup>3</sup>/h). Hvis dette fordeles over de 3 varmepumper, resulterer det lille flow i en dårligere varmeovergang i fordampere. Den termodynamisk rigtige løsning er at lede grundvandet i serie gennem de 3 fordampere, hvorved grundvandet ville blive afkølet fra 35°C til 32°C i den første varmepumpe, fra 32°C til 29°C i den anden og fra 29°C til 26°C i den tredje varmepumpe. Denne løsning vil dog kræve mange ændringer og indsættelse af ventiler, idet vandet til varmepumperne skal kunne leveres både i serie og parallelt afhængigt af, om det er lageret eller reaktoren, der leverer varmen.

En anden betænkelighed ved at have grundvand i de rør, hvor der normalt er kølevand, er en risiko for at forurene grundvandet med tritium. I tungtvandsvarmeveksleren findes en lille uundgåelig læk, hvilket medfører at der årligt tabes omkring 0,4 liter tungt vand til kølevandet, som derved får et tritium-indhold, der er noget højere end det naturlige indhold. Stilles ventilerne i det ovenfor beskrevne anlæg forkert, vil det oprindelige kølevand med tritium blive injiceret i grundvandet.

Ifølge betingelserne for driften af reaktoren kan det tolereres at alt kølevand tabes ud i fjorden, men det er næppe muligt at opnå en tilsvarende tilladelse til at lede kølevandet ned i kalkreservoiret. Der findes ikke on-line udstyr til måling af tritium, og det er derfor ikke muligt at opdage et forøget tritiumindhold med det samme.

I de anlægsudformninger, der her er vist, med undtagelse af Figur 11.3 er det derfor valgt at holde grund- og kølevand adskilt.

### 11.3 Gennemgang af de enkelte anlægsforslag

#### Forklaring til Figur 11.2

Kølevandsmængden gennem tungtvandsvarmeveksleren er 325 Kg/s - 375 Kg/s. Der findes en regulering på kølevandsstrengen hvorved flowet til fjordvarmeveksleren varierer mellem 100 Kg/s og 375 Kg/s henholdsvis vinter og sommer. Varmepumperne er tilsluttet kølevandet efter reguleringsstrengen. De bruger 100 Kg/s ved fuldlast, hvilket giver en afkøling på 4°C for at kunne yde en effekt på 1,5 MW. Da varmpumperne således bruger stort set alt kølevandet om vinteren, mens der er rigeligt i resten af året, har det været overvejet at lave et anlæg med mulighed for at kunne udtage vandet, hvor det er varmest. Figur 11.2 viser en sådan udformning, hvor der ved lagring om vinteren udtages kølevand, efter at det er blevet afkølet til 36°C i varmpumpen, mens der i resten af året kan udtages kølevand både til varmpumpen og til lagervarmeveksleren og alligevel opnås den maksimale temperatur på 40°C begge steder. Anlægget kan ikke gøres enklere, fordi der under reaktornedlukningen er et lille flow af kølevand med en temperatur på 20°C i hovedstrengen.



Problemet med afkøling af kølevandet i varmepumpen om vinteren ville ikke eksistere, hvis vandet blev udtaget på den anden side af reguleringsstrengen. Om dette er praktisk muligt, og om der kan gives tilladelse til at ændre på reaktordriften på denne måde, er ikke undersøgt nærmere.

Det har imidlertid vist sig muligt at holde et kølevandsflow på mindst 150 Kg/s gennem fjordvarmeveksleren, idet flowet af fjordvand samtidig nedsættes. Herved forbliver den omsatte effekt uændret. Dette betyder, at det ovenfor nævnte problem kan undgås, hvis varmepumpen og lagerveksleren indsættes parallelt over kølevandsstrengen, som det vil fremgå af Figur 11.4.

#### Forklaring til Figur 11.3

Som nævnt i Kapitel 10 er der anbragt ekspansionsbeholdere og sprængplader på kølevandsrørene, idet trykbølgen fra en pludselig sprængning af en fordamper ikke må kunne forplante sig til tungtvandsvarmeveksleren. Sikkerhedsudstyret har givet mindre problemer, siden det blev monteret, og det vil derfor lette driften af reaktoren, hvis det kan fjernes. Dette kan kun lade sig gøre, hvis der ikke cirkulerer kølevand i varmepumpen, og det er dette forhold, som danner baggrund for Figur 11.3. Her er der indført en ekstra varmeveksler og et selvstændigt vandkredsløb omkring varmepumpen.

Når reaktoren er i drift, betyder den ekstra varmeveksling, at vandtemperaturen til varmepumperne vil falde, hvorved effektfaktoren ligeledes falder. Eksempelvis medfører et temperaturfald fra 40°C til 38°C, at effektfaktoren falder fra 4,00 til 3,85, hvilket giver et årligt merforbrug af olie på 30 tons. Endvidere vil den ekstra varmeveksler give større pumpeudgifter.

Det er både tilladt og muligt at hæve kølevandstemperaturen fra 40°C til for eksempel 42°C under reaktordriften, hvilket ville kompensere for den ekstra varmeveksling. Dette vil dog i praksis medføre problemer p.g.a. eksisterende pakninger, som giver problemer ved en vedvarende temperaturforøgelse.

Den anden varmeveksler på Figur 11.3 kræver en nærmere forklaring. Ideen er at samle lagervarmeveksleren med en af fjordvarmevekslerne på et af de eksisterende stativer. Herved skal der kun indkøbes plader til lagervarmeveksleren og det vil være muligt at flytte plader fra fjordvandssiden til grundvandssiden, hvilket kan ske uden risiko for opblanding.

En stor ulempe ved dette anlæg er at kølevand og grundvand ved uhensigtsmæssig styring vil kunne blandes.

#### Forklaring til Figur 11.4

Anlægget ligner Figur 11.2, der var tegnet ud fra den forudsætning, at massestrømmen af kølevand mod fjorden er nede på 100 Kg/s om vinteren. Da det synes muligt at holde en minimumsmængde på 150 Kg/s kan anlægget forenkles, fordi kølevandet i lagringstilfældet altid kan tages det samme sted fra. Herved er 3-vejs ventilerne på kølevandssiden ikke nødvendige og det giver mulighed for at lave anlægget så enkelt som vist på Figur 11.4. Samtidig er 3-vejs ventilerne på grundvandssiden faldet bort.

#### 11.4 Valg af anlæg

Efter denne gennemgang vil anlægget på Figur 11.4 blive foretrukket, fordi det er det simpleste og det ikke giver betænkeligheder i forbindelse med driften. Dette anlæg

bliver derfor brugt i de følgende kapitler, men på Figur 11.5 er vist et forslag, der ikke kan lades ude af betragtning. Her er lagringspumpen på kølevandssiden blevet flyttet og samtidig kan den styrede ventil inden pumpen falde bort. Den væsentlige fordel er at pumpen kan holde en del af rørsystemet under et højere tryk end omgivelserne, hvilket vil kunne afhjælpe nogle eksisterende driftsproblemer.

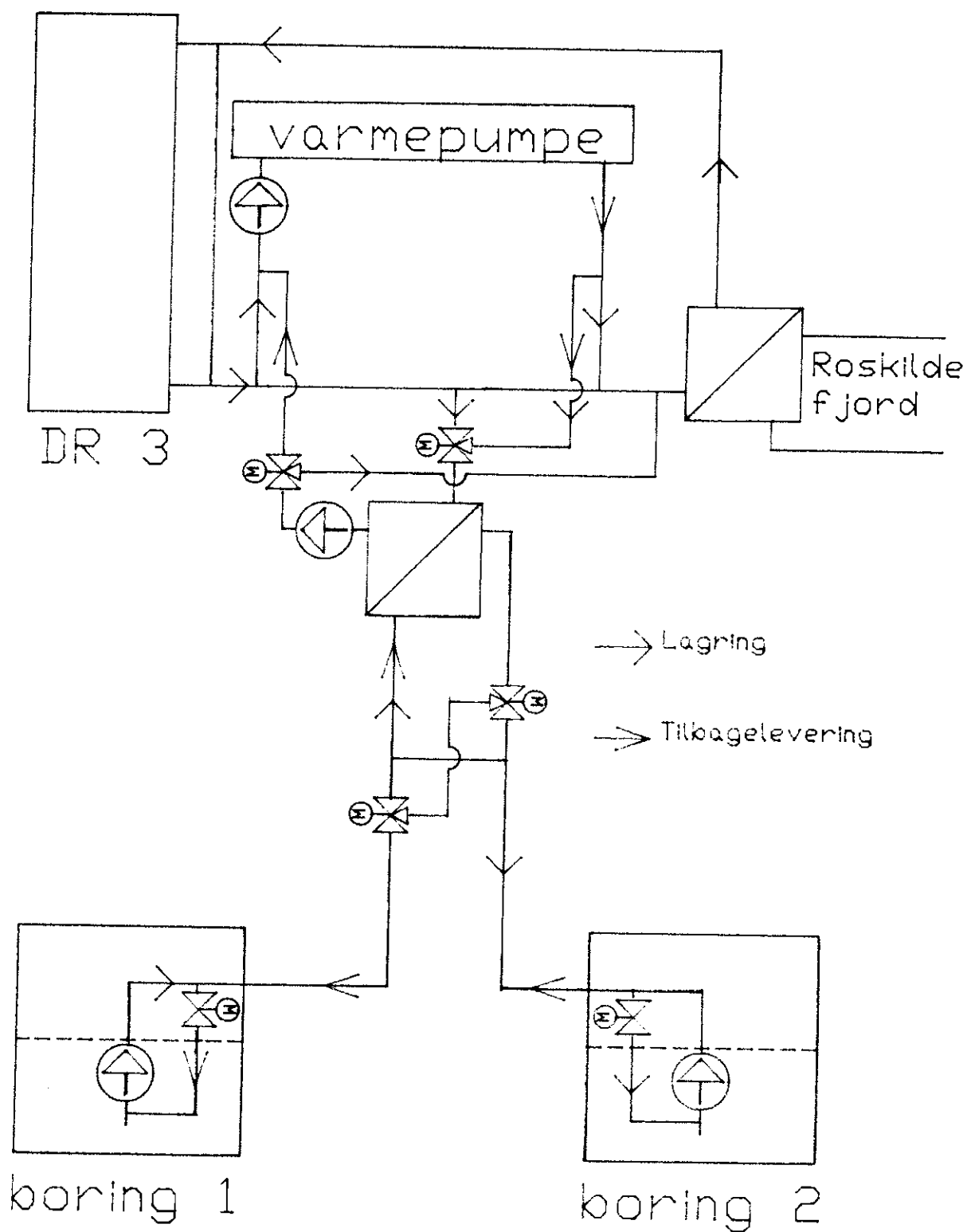
Der er dog også nogle betænkeligheder ved at flytte pumpen. Tryktabet i fordamperen er ca. 3 mvs ved 33 Kg/s. Beholdes pumperne på hver fordamper, vil den ekstra pumpe give et større flow gennem hver fordamper. Hvis flowet f.eks. stiger til 50 Kg/s gennem hver fordamper og varmeveksleren ligeledes bruger 50 Kg/s, er forbruget 200 Kg/s. Er dette mere, end der cirkulerer i kølevandsstrengen, vil der ske en opblanding og indløbstemperaturen til fordamperne og varmevekslerne vil falde.

Pumpen er dyrere, fordi massestrømmen er 150 - 200 Kg/s i stedet for 50 Kg/s.

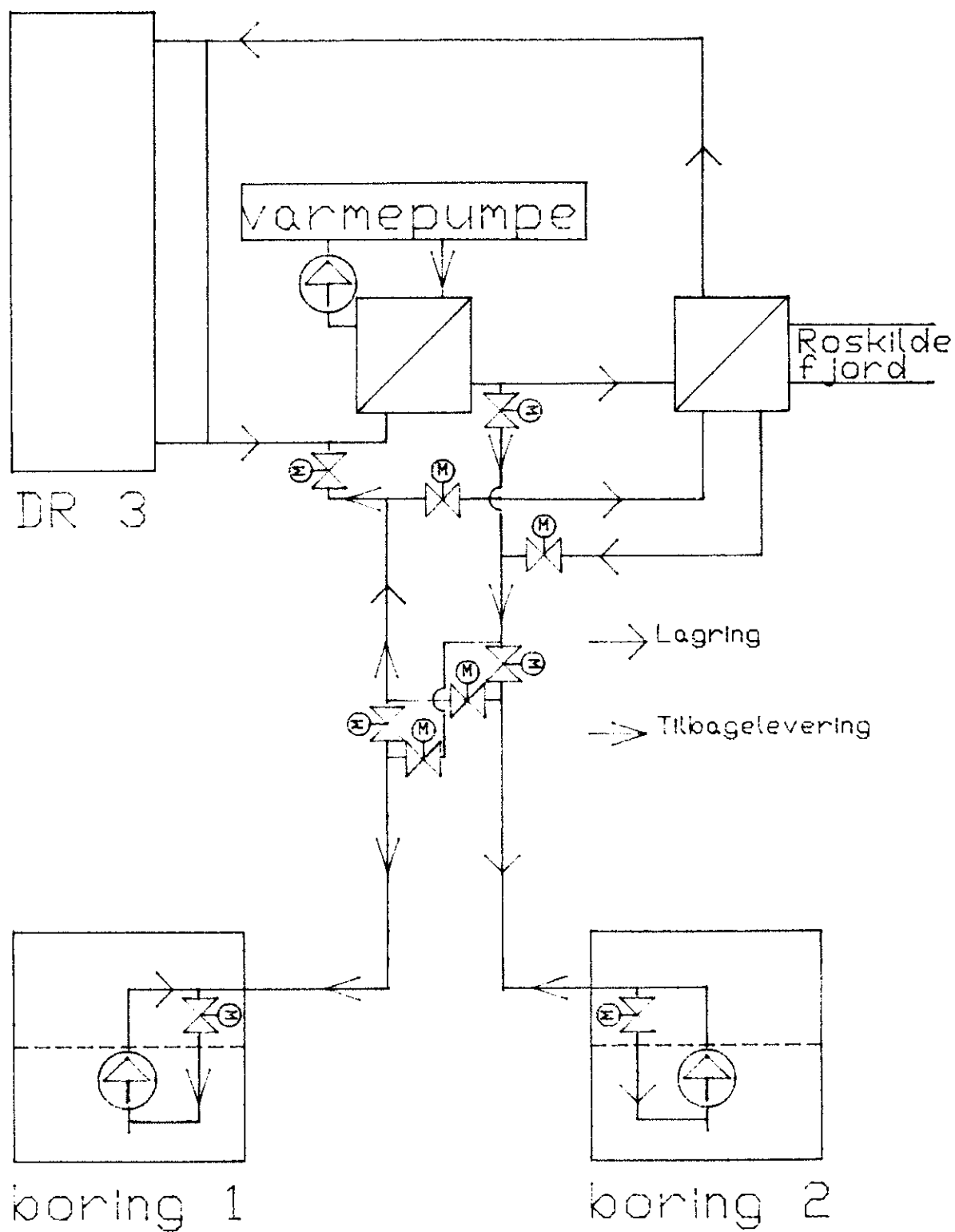
Pumpen vil sende vand gennem alle fordamperne, uanset om de er i drift eller ej.

Endelig bliver pumpen en del af både varmepumperne og lageret, og det giver en mere kompliceret styring.

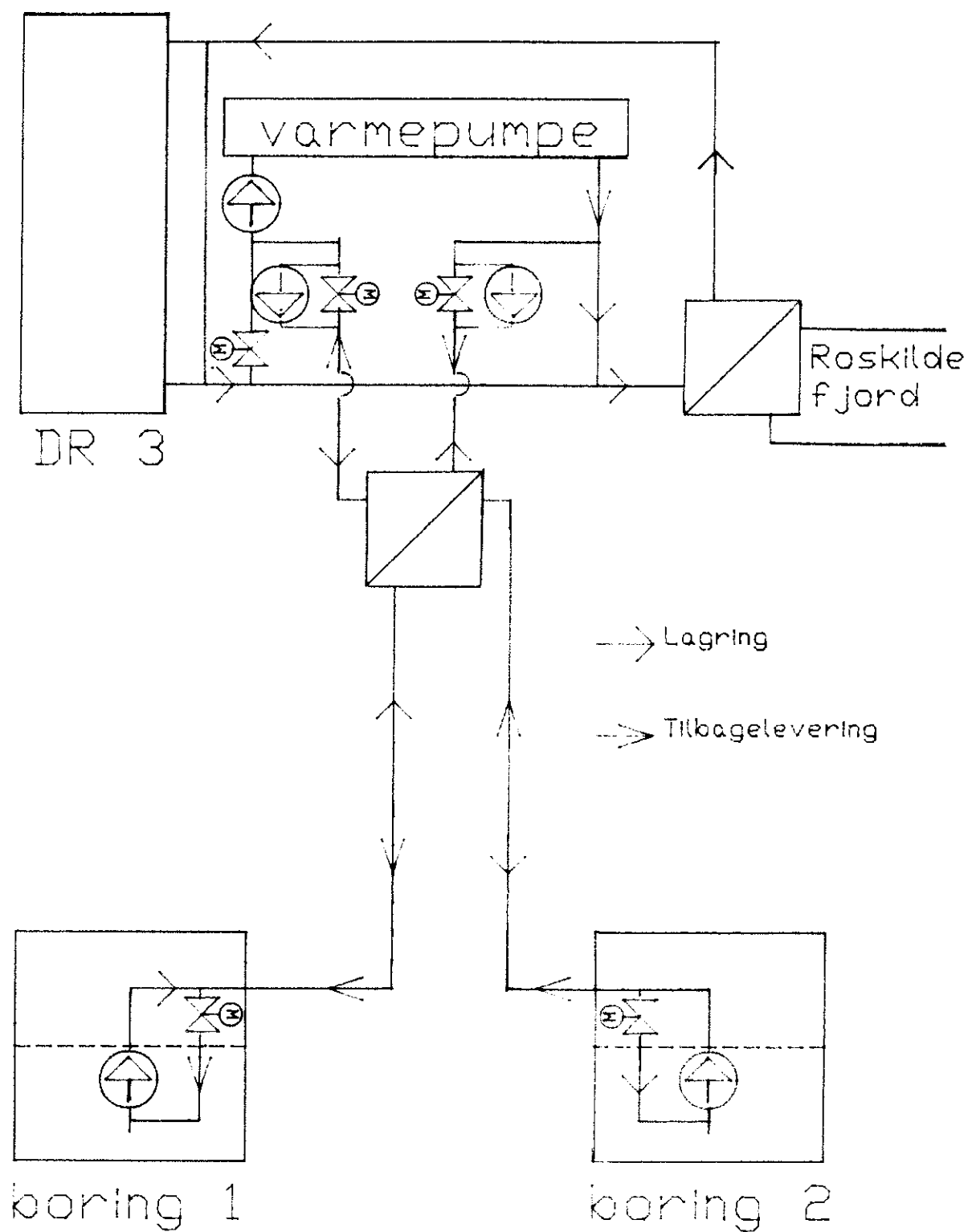
Ved et valg mellem Figur 11.4 og Figur 11.5 er det nødvendigt med en nøjere beregning af flow og trykfald, og karakteristikken for pumperne ved fordamperne skal fremskaffes.



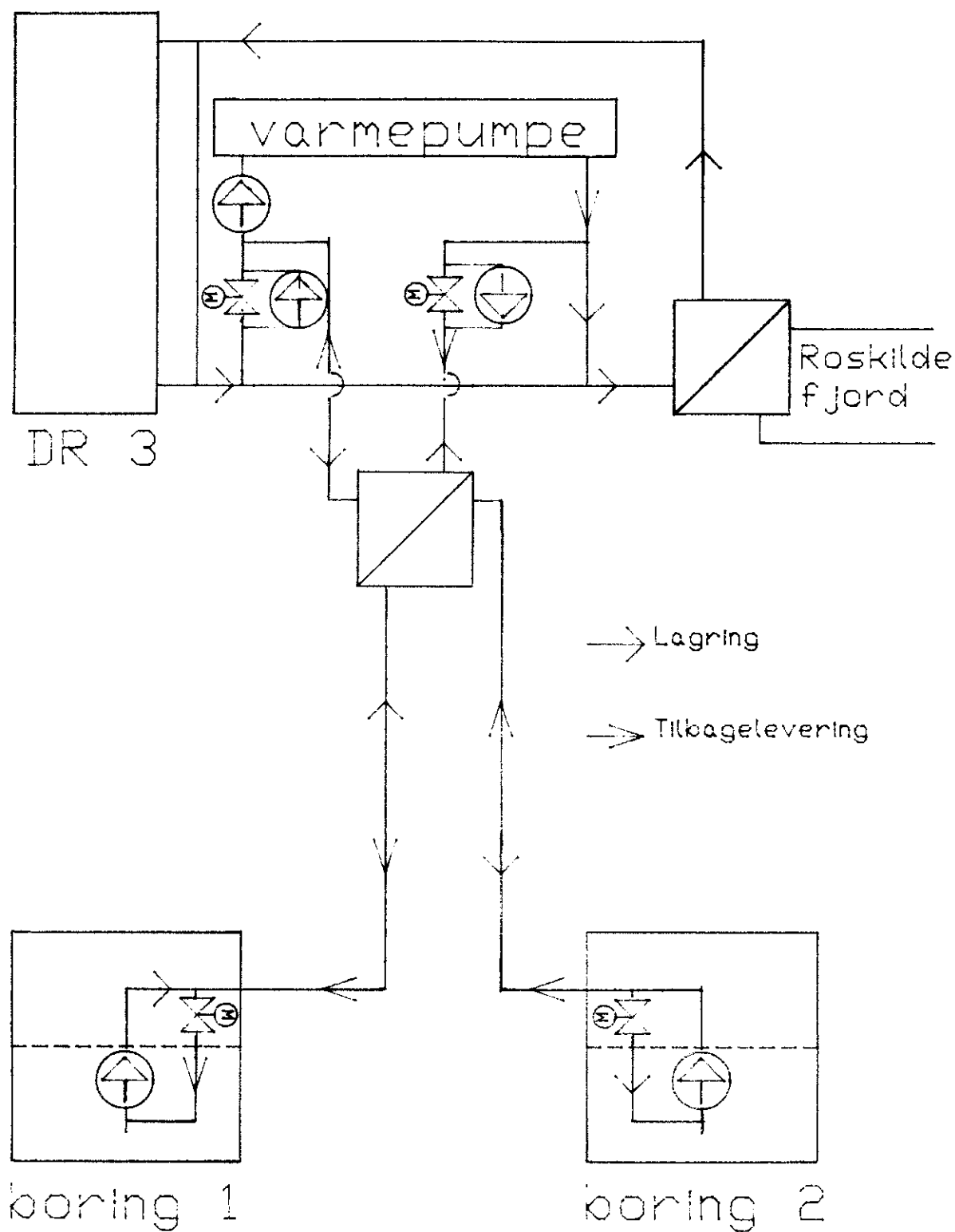
Figur 11.2 Varmelageranlæg med udtag på kølevandsside afhængig af årstid.



Figur 11.3 Varmelageranlæg med særskilt varmepumpekredsløb og med brug af fjordvarmeveksler ved lagring.



Figur 11.4 Varmelageranlæg med fast udtag på kølevandssiden.



Figur 11.5 Varmelageranlæg med fast udtag på kølevands-  
side og med pumpe placeret før varmeveksler.

## 12 . DIMENSIONERENDE ANLÆGSSTØRRELSER

---

I dette Kapitel gennemregnes anlægget på Figur 11.4 og resultatet, der vil foreligge som flow, temperaturer og effekter, skal i de følgende kapitler bruges til at dimensionere varmeveksler, rør, filtre og lignende.

### 12.1 En model for varmepumpen

Når varmen til fordampere leveres fra lageret vil det kun være muligt at opnå en vandtemperatur omkring  $25^{\circ}\text{C}$  i modsætning til de  $40^{\circ}\text{C}$ , som kølevandet er under reaktor-driften. Dette har til følge, at varmepumpens normale effektfaktor på 4,0 ikke kan opretholdes. Der har været gennemført et måleprogram på varmepumperne og den følgende tabel viser nogle målinger herfra:

Indløbstemperatur af kølevand, $^{\circ}\text{C}$	effektfaktor for varmepumpe nr. 1	effektfaktor for varmepumpe nr. 2
45	-	4,5
42	3,8	4,5
30	3,2	3,4
29	3,5	3,6
21	2,8	2,8

Tabel 12.1 Effektfaktor afhængig af kølevandstemperatur, målt

Kondenseringstemperaturen har været omkring  $70^{\circ}\text{C}$  i alle målingerne. Temperaturen i Risøs varmforsyning bliver styret efter udetemperaturen og det betyder at der gene-



relt opnås en bedre effektfaktor om sommeren end om vinteren.

Der har været en fejl ved varmepumpe nr. 3 og der findes derfor ikke brugbare målinger, men da alle varmepumperne er ens i opbygning, kan man udregne en fælles effektfaktor ud fra tabellen. Målingerne kan udjævnes ved polynomiet

$$\text{Effektfaktor} = 1,31 + 0,071 \times T,$$

hvor T er vandets indløbstemperatur til fordamperne. Denne enkle model for varmepumperne kan bruges til at finde kondensator- og fordamperydelsen, idet

$$\dot{Q}_C = \dot{Q}_F + \dot{E}$$

$$\text{Effektfaktor} = \frac{\dot{Q}_C}{\dot{E}}$$

$\dot{Q}_C$  er kondensatoreffekten

$\dot{Q}_F$  er fordampereffekten

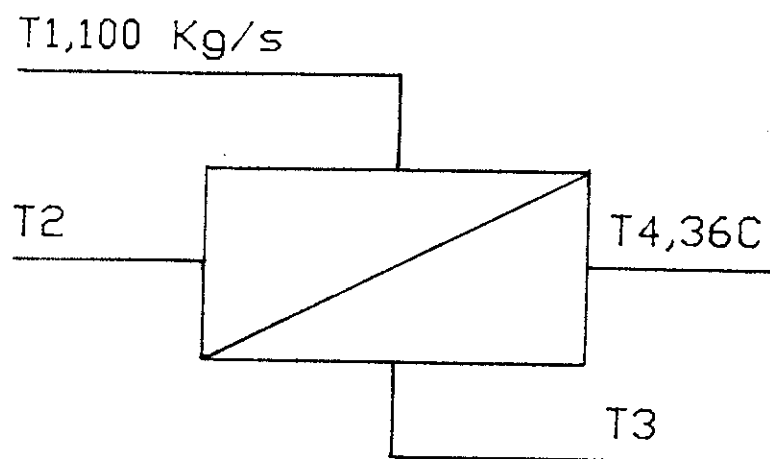
$\dot{E}$  er el-effekten

Ved at regne el-forbruget konstant 0,50 MW kan følgende tabel opstilles:

Kølevandstemperatur, °C	20	24	26	28	32
effektfaktor	2,73	3,01	3,16	3,30	3,58
kondensatoreffekt, MW	1,37	1,51	1,58	1,65	1,79
fordampereffekt, MW	0,87	1,01	1,08	1,15	1,29

Tabel 12.2 Effektfaktor afhængig af kølevandstemperatur, beregnet

Tabellen bliver brugt senere i kapitlet, når sammenhængen mellem grundvandsflowet og effektfaktoren skal findes.



Figur 12.1 Temperaturforhold omkring lagervarmeveksler.

## 12.2 Temperaturforhold omkring lagervarmeveksleren

Afstanden mellem lageret og lagervarmeveksleren er ca. 500 m og forbindelsen vil blive etableret med uisolerede, nedgravede plasticrør. I Appendix 3 er der lavet et skøn over varmetabet fra rørene. Konklusionen er, at der i et tilfælde med 37°C og 25°C vandtemperatur i de to rør, vil være et temperaturtab i det varme rør på 0,5°C ved levering og 0,8°C ved lagring.

Under reaktordriften er kølevandstemperaturen i gennemsnit 40°C, og det vælges indtil videre, at opvarme grundvandet til 38°C. Da der tabes 0,8°C i rørene i jorden, vil injektionstemperaturen være 37,2°C. Det antages at op-pumpnings- og injektionstemperaturen er ens, fordi lageret altid er i drift og der ikke er perioder med stilstand. I leveringstilfældet tabes 0,5°C i jorden og indløbstempera-

turen til lagervarmeveksleren er derfor 36,7°C. I det følgende bliver der regnet med en temperatur på 36°C.

På Figur 12.1 er der defineret nogle størrelser omkring lagervarmeveksleren.

For at finde sammenhængen mellem effektfaktoren og grundvandsflowet aflæses T1, effektfaktoren og fordamperydelsen =  $\dot{Q}_F$  i Tabel 12.2. Ud fra T1,  $\dot{Q}_F$  og kølevandsmængden  $\dot{m}_K$  (100 Kg/s) beregnes T2.

$$T2 = T1 - \frac{\dot{Q}_F}{\dot{m}_K \times C}$$

$$C = \text{varmefylde} = 4,18 \text{ kJ/Kg} \times K$$

Da der mangler en varmevekslerbetingelse, antages det at  $T3 - T2 = 1^\circ\text{C}$ , hvilket kan opfyldes, fordi kølevandsflowet er større end grundvandsflowet. Med  $\dot{Q}_F$ , T4 og T3 kan grundvandsmængden  $\dot{m}_g$  findes.

$$\dot{m}_g = \frac{\dot{Q}_F}{C(T4 - T3)}$$

Tabel 12.3 viser resultatet af nogle gennemregninger.

COP	T1	$\dot{Q}_F$	T2	T3	$\dot{m}_g$	$\dot{V}_g$
-	°C	MW	°C	°C	Kg/s	m <sup>3</sup> /h
2,73	20	0,87	17,9	18,9	12,2	44,0
3,01	24	1,01	21,6	22,6	18,0	64,9
3,16	26	1,08	23,4	24,4	22,3	80,4
3,30	28	1,15	25,2	26,2	28,1	101,4
3,58	32	1,29	28,9	29,9	50,6	182,5
3,23	27	1,12	24,3	25,3	25,0	90,3

Tabel 12.3 Beregning af grundvandsflow

Tabellen viser, hvor meget effektfaktoren forbedres, hvis grundvandsflowet øges. Tages der kun hensyn til driftsøkonomien, kan man beregne det optimale grundvandsflow, d.v.s. det flow, hvor en stigning i pumpeudgifterne ikke længere kan dækkes ind af den forøgede varmeafgivelse fra varmepumperne. Herved bliver det klart, at det fordelagtigste brøndflow ved tilbagelevering er noget større end  $90 \text{ m}^3/\text{h}$ , men da borerne højst kan give og modtage  $90 \text{ m}^3/\text{h}$ , skal anlægget dimensioneres for dette flow.

Med et brøndflow på  $90 \text{ m}^3/\text{h}$  vil grundvandet blive afkølet fra  $36^\circ\text{C}$  til  $25^\circ\text{C}$  i varmeveksleren, mens vandet til varmepumpen kun bliver opvarmet fra  $24^\circ\text{C}$  til  $27^\circ\text{C}$ .

En forventet effektfaktor på 3,2 er udmærket, selv om det er mindre, end hvad der opnås, når reaktoren er i drift. Effektfaktoren vil blive større end 3,2, når varmepumperne kører på dellast, fordi grundvandets afkøling er mindre.

Ud fra det, der indtil nu er gennemgået i dette kapitel, er tilstanden ved tilbagelevering klarlagt, men endnu mangler køle- og grundvandsflowene gennem lagervarmeveksleren at blive fastlagt i lagringstilfældet. Flow-log har vist, at reservoiret langt fra er homogent, og dets egenskaber er derfor vanskelige at vurdere. Lagringsforsøget i marts-april 1987, viste imidlertid gode varmetekniske egenskaber. Varmen er gratis, og ved driften af lageret ønskes der ikke en høj virkningsgrad, men derimod en høj leveringstemperatur. Der er rigeligt med spildvarme, og det vil derfor være fornuftigt at injicere mere vand i den varme boring, end der oppumpes. Rørene til grundvandet er udlagt til  $90 \text{ m}^3/\text{h}$ , og det vælges at cirkulere  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  ved lagring, hvilket giver små pumpeudgifter. Lagringsperioden er 5 gange længere end leveringsperioden, og dermed injiceres der 3 gange den vandmængde, der oppumpes. På grund af temperaturforholdene tilføres der ca. 7 gange mere varme, end der forbruges, indtil varmefronten når den

lunkne boring. Det kan derfor synes voldsomt at fastsætte flowet til  $60 \text{ m}^3/\text{h}$ , men det kan blive gavnligt at have overskudskapacitet på pumpen. En anden grund til at vælge et stort flow er, at varmetabet fra rørene i jorden er konstant, men hvis flowet kun er  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ , bliver temperaturløbet i jord ikke  $0,8^\circ\text{C}$ , men  $1,6^\circ\text{C}$ .

### 12.3 Aktuelle driftsdata

#### Lagring

Kølevandstemperaturen varierer nogle grader, men er forudsat at være  $40^\circ\text{C}$ . Kølevandsflowet gennem lagervarmeveksleren er  $180 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Der holdes et grundvandsflow på  $60 \text{ m}^3/\text{h}$ , og vandet opvarmes til  $38^\circ\text{C}$ . På grund af de uisolerede rør falder injektionstemperaturen  $0,8^\circ\text{C}$  til  $37,2^\circ\text{C}$ .

#### Levering

Der regnes med at oppumpningstemperaturen er lig injektionstemperaturen. Indgangstemperaturen til varmeveksleren er p.g.a. varmetabet fra rørene  $36,7^\circ\text{C}$ . Med et flow på  $90 \text{ m}^3/\text{h}$  bliver vandet afkølet til  $25,3^\circ\text{C}$ , og den afgivne effekt er  $1,12 \text{ MW}$ .

Kølevandsmængden er  $360 \text{ m}^3/\text{h}$  ved fuldlast, og vandet bliver opvarmet fra  $24,3^\circ\text{C}$  til  $27,0^\circ\text{C}$ . For varmepumperne forventes en effektfaktor på godt 3,2 og en varmeafgivelse på  $1,6 \text{ MW}$ .

### 13. VARMEVEKSLER

---

I det foregående blev der opstillet to krav til lagervarmevexleren:

1. I leveringssituationen skal  $90 \text{ m}^3/\text{h}$  grundvand afkøles fra  $36,7^\circ\text{C}$  til  $25,3^\circ\text{C}$  af  $360 \text{ m}^3/\text{h}$  kølevand, der opvarmes fra  $24,3^\circ\text{C}$  til  $27^\circ\text{C}$ . Den omsatte effekt er  $1,12 \text{ MW}$ .
2. I lagringstilfældet skal  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  grundvand opvarmes til  $38^\circ\text{C}$ .

Det andet krav må fastlægges nøjere. Problemet er her, at temperaturen af det vand der oppumpes fra det lunkne borehul vil falde igennem perioden på  $23,5$  dag. Situationen er den, at der først injiceres  $90 \text{ m}^3/\text{h}$  ved ca.  $25^\circ\text{C}$  i  $4,5$  dag og dernæst oppumpes  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  i  $23,5$  dag. Det må derfor forventes at oppumpningstemperaturen inden  $14$  dage vil være faldet til den naturlige grundvandstemperatur på ca.  $10^\circ\text{C}$ . Der er ingen planer om at regulere flowet automatisk og det må derfor fastsættes, at der skal opvarmes  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  fra  $10$  til  $38^\circ\text{C}$ , hvilket giver en effekt på  $1,95 \text{ MW}$ . Opvarmningen sker med kølevand, hvis temperatur er  $40^\circ\text{C}$  i indløbet. Hvor meget kølevand man vil sende gennem varmeveksleren er til dels et optimeringsspørgsmål, men med  $180 \text{ m}^3/\text{h}$  til rådighed, vil temperaturen på kølevandet falde fra  $40^\circ\text{C}$  til  $31^\circ\text{C}$ . På grund af krav nr. 1 er varmeveksleren udlagt til  $360 \text{ m}^3/\text{h}$ , og tryktabet ved  $180 \text{ m}^3/\text{h}$  vil derfor være lille. Imidlertid bliver varmeovergangen ikke væsentligt forbedret ved at øge kølevandsflowet, da det allerede er noget større end flowet på grundvandssiden. Den største varmemodstand findes derfor på grundvandssiden (mindst flow).

Det vælges at sende  $180 \text{ m}^3/\text{h}$  kølevand gennem lagervarmevexleren i lagringstilfældet.

Af de opstillede krav vil nr. 2 være det strengeste, fordi varmeovergangstallene er mindre på grund af de mindre volumenstrømme. Dette betyder, at varmeveksleren er overdimensioneret i forhold til krav 1 og at temperaturdifferensen  $T_3 - T_2$ , der i Kapitel 12 blev sat til  $1^\circ\text{C}$ , i virkeligheden vil være mindre, hvilket giver en bedre effektfaktor. Denne forøgede varmevekslerkapacitet er dog lille.

Der vil næppe være nogen væsentlig tilsmudsning i varmeveksleren, da kølevandet er cirkulationsvand, og under lagringsforsøget i marts og april 1987 var der ingen kalkudfældning fra grundvandet. Der vil dog p.g.a. iltindholdet i vandet kunne dannes belægninger på varmeveksleren. Det er derfor valgt at udføre varmeveksleren i syrefast rustfrit stål, således at afsyring af pladerne er mulig.

Som allerede nævnt vil der blive brugt en pladevarmeveksler til lagervarmevexleren, da denne type er billigst.

Prisen på varmeveksleren er afhængig af, hvor store tryktab man vil tillade. Hvis der vælges store tryktab, fås en lille og billig varmeveksler, men udgifterne til pumperne og el-forbruget vil stige. Der er indhentet tilbud fra to fabrikanten, hvoraf det ses, at tryktab på  $10 \text{ mVs}$  for flowet på  $360 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $100 \text{ Kg/s}$ ) i leveringssituationen bør accepteres. En sådan varmeveksler af syrefast rustfrit stål vil kunne anskaffes for ca. 80.000 kr.. I Bilag 3 er gengivet et tilbud, der dog ikke helt stemmer overens med de krav, som er opstillet i dette afsnit.

## 14. NÆRMERE BESKRIVELSE AF GRUNDVANDSSIDEN

---

### 14.1 Rørledning

For at undgå korrosionsproblemer i rørstrækningerne er det valgt at benytte PEH-rør. PEH-rør findes imidlertid ikke isoleret, hvorfor der må regnes med et varmetab til jorden. Dette varmetab opvejet mod merudgiften ved brug af fjernvarmerør vil blive diskuteret i afsnit 14.3.

I Appendix 3 er der redegjort for varmetabet til jorden, og varmetabets afhængighed af læggedybden. Herudfra bør rørene lægges i 1,0 m's dybde med en indbyrdes afstand på 0,6 m.

En oversigt over rørmaterialer er vedlagt som Bilag 4. Af denne fremgår det, at det billigste rørmateriale til transport af vand ved 30-40°C er PEH (147 kr/m). PEH-rørene kan vælges blandt mange diametre og trykklasser.

Rørsystemets trykstyrke skal bestemmes ud fra det maksimale tryk, der kan forekomme under drift af anlægget. Tryktab i varmeveksler og filter vil tilsammen være ca. 0,25 bar. Tryktabet i rørsystemet kan bestemmes ud fra tryktabsnomogrammet, Bilag 5. Ved en indre diameter på 163 mm (ydre diameter = 200 mm) og en vandstrøm på 25 l/s (90 m<sup>3</sup>/h) fås en vandhastighed på 1,2 m/s og et tryktab på 0,74 bar på hele rørstrækningen på 1000 m (7,5 kp/m<sup>2</sup> pr. m). Da tryktabet i røret stiger voldsomt ved mindre rørdiameter (3,9 bar ved en indre rørdiameter på 115 mm) vælges en rørdimension på 200 mm ydre diameter. Det samlede arbejdsstryk i systemet bliver, idet der også tages hensyn til øvrige komponenter som ventiler o.lign., omkring 1,5 bar. Tryktrin 6 er derfor tilstrækkelig for rørledningen.



Rørene skal graves ned og gruskastes. For at komme uden om bygninger og veje, vil rørene blive lagt på en lige linie mellem borerne og fjordvarmevekslerne, hvorved de kommer til at følge strandkanten på ca. halvdelen af vejen. Ved fjordvarmevekslerne skal rørene drejes ind mod varmepumpebygningen, og den samlede rørlængde bliver ca. 100 m. Rørføringen fremgår af Bilag 6.

#### 14.2 Diskussion af fjernvarmerør.

Inden fjernvarmerørene skrinlægges, skal prisen beregnes, og den forbedring som opnås med isolerede rør, vil blive diskuteret.

Der er modtaget et tilbud på 129.000 kr. for 1000 m PEH-rør, tryktrin 6 bar og med en ydre diameter på 200 mm. Svejsearbejdet er delvis inkluderet i prisen.

I I.C. Møllers priskatalog fra august 1986, er opgivet en pris på 2.530 kr. for 12 m fjernvarmerør med en nominel diameter på 100 mm for stålet. Den indvendige diameter er ca. 105 mm og ved  $90 \text{ m}^3/\text{h}$  fås en hastighed på 2,9 m/s, hvilket giver store tryktab. Prisen for 1000 m rør er 210.000 kr..

Man kan nøjes med at bruge fjernvarmerør mellem den varme boring og varmeveksleren, hvilket giver en rørlængde på ca. 500 m. I forhold til PEH-rør er merprisen 40.000 kr., hvortil kommer prisen for samlemuffer (ca. 20.000 kr.), mere arbejdstid og større dykpumper (ca. 15.000 kr.).

Af Kapitel 13 fremgik det, at indløbstemperaturen til varmepumperne er ca.  $27^\circ\text{C}$ , selv om varmen er til rådighed ved  $40^\circ\text{C}$ . Forskellen på  $13^\circ\text{C}$  skyldes 3 grunde:

- Forskellen i kapacitetsstrøm ved levering giver et uundgåeligt tab på  $8^\circ\text{C}$ .

- Som følge af de uisolerede rør er tabet til jorden ialt  $1,3^{\circ}\text{C}$ . Indløbstemperaturen til varmeveksleren er derfor  $36,7^{\circ}\text{C}$  men er i de foregående beregninger sat til  $36^{\circ}\text{C}$ .
- Ved de nødvendige temperaturdifferencer i varmeveksleren, tabes  $1^{\circ}\text{C}$  ved levering og  $2^{\circ}\text{C}$  ved lagring.

Hvis der ønskes et højere temperaturniveau, kan dette ske ved at bruge fjernvarmerør eller ved at bruge en større varmeveksler. Af dette kapitel fremgår det, at merprisen for isolerede rør er mindst 75.000 kr. og temperaturegevinsten vil være ca.  $2^{\circ}\text{C}$ .

Anvendes der derimod 20.000 kr. mere på varmeveksleren, kan arealet øger med ca. 25% og dermed vil den logaritmiske temperaturdifferens være 20% mindre. Ved at regne på temperaturene fra Kapitel 12, finder man, at i lagringstilfældet kan grundvandet opvarmes til  $39,0^{\circ}\text{C}$  i stedet for  $38,0^{\circ}\text{C}$ . Tilsvarende kan der vindes  $0,5^{\circ}\text{C}$  ved levering og ialt opnås  $1,5^{\circ}\text{C}$  i forbedring.

Det kan derfor konkluderes, at hvis anlægget ønskes forbedret i forhold til det som er skitseret, vil det være bedre at udvide varmeveksleren fremfor at bruge fjernvarmerør.

### 14.3 Pumper

Ved et flow på  $90 \text{ m}^3/\text{h}$  ved tilbagelevering vil sænkningen i boring LT3 være 38,6 m idet der her regnes med  $2,33 \text{ m}^3/\text{h/ms}$  ( $60 \text{ m}^3/\text{h}$ ) efter tryksyring af boringen. Pumperne skal udover at yde tryk til at øge vandniveauet i boringen yderligere yde tryk til at udligne friktionstab i rør og komponenter, ialt et tryk på omkring 45 mVS.

Ved et flow på  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  ved lagring, vil sænkningen i boring LT 3 være 26 m. Det samlede tryk ved lagring vil være på omkring 30 mVS.

Grundfos dykpumper SP75 har et kapacitetsområde på 50-90  $\text{m}^3/\text{h}$ , hvilket bør vælges for begge driftstilstande, da boringerne ikke kan yde mere end  $90 \text{ m}^3/\text{h}$ . Til de to driftstilstande vælges følgende pumper:

Levering ( $90 \text{ m}^3/\text{h}$ , 45 mVS):	SP 75-7 (22 kW)
Lagring ( $60 \text{ m}^3/\text{h}$ , 30 mVS):	SP 75-3 (11 kW)

Datablad for pumperne findes i Bilag 7.

Prisen på de 2 pumper er som følger:

SP 75-7 :	29.235 kr.
SP 75-3 :	20.675 kr.

Dykpumperne fra Grundfos kan tåle en vandtemperatur på  $60^\circ\text{C}$ , hvis de vælges med en 6" motor, hvilket vil være den aktuelle motorstørrelse for begge pumper.

#### 14.4 Etablering af en ny boring.

I 1984 blev der etableret 2 boringer på Risø og der blev foretaget en del hydrogeologiske undersøgelser. Ved prøvepumpningerne i marts 1987 viste det sig, at den maksimale vandydelse var en del lavere end ønsket til projektets drift. Ved at tryksyre boringerne kan de forbedres, men den fjerneste boring kan næppe bringes til at yde og modtage mere end  $50 \text{ m}^3/\text{h}$ . Den nærmeste boring kan sandsynligvis yde  $90 \text{ m}^3/\text{h}$ , hvis den bliver tryksyret og der tages hensyn til, at vandets viskositet er lavere ved de højere temperaturer.

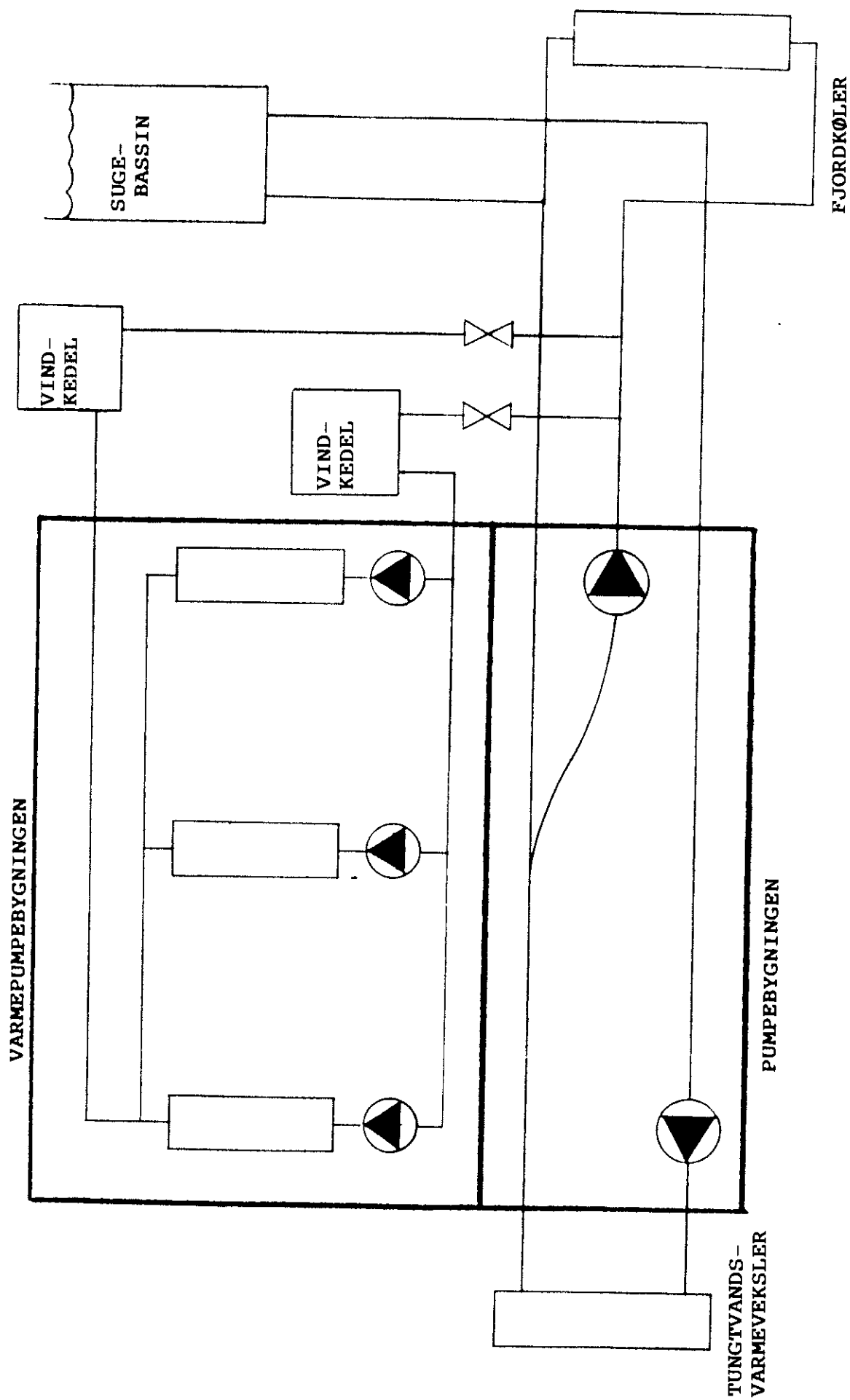
Da der ønskes et flow på mindst  $90 \text{ m}^3/\text{h}$  er det nødvendigt at udføre en ny boring. Hvis boringen viser sig tilstrækkelig god, kan den erstatte den dårligste af de etablerede boringer. I modsat fald skal alle boringer indgå i lageret og da bør den bedste boring bruges som det varme lager. Af de to øvrige boringer kan pumpen i den dårligste undværes, hvis der fra den anden kan oppumpes  $60 \text{ m}^3/\text{h}$ . Derved bliver boringen kun brugt til injektion. Det er endnu ikke afgjort om der skal bruges 2 eller 3 boringer, men i rapporten er der taget udgangspunkt i 2 boringer.

På kølevandssiden er det væsentligste problem, hvor varmeveksleren og pumperne kan opstilles. På Figur 15.1 er vist, hvilke rør der findes i pumpe-og varmepumpebygningen og udfra figuren kan forskellige placeringer af varmeveksleren gennemgås.

Varmepumpebygningen er fyldt for meget op til at varmeveksleren og alle pumper og ventiler kan anbringes der. Elektronikken kan dog for eksempel opstilles i bygningen.

I pumpebygningen er der plads nok og her kan lagervarmeveksleren installeres. De eksisterende rør kan således benyttes ved at lade 150 Kg/s strømme ind i Varmepumpebygningen, idet varmepumperne bruger 100 Kg/s og de resterende 50 Kg/s skal bruges til lagervarmeveksleren i pumpebygningen. Imidlertid er røret fra hovedledningen gennem vindkedlen til varmepumperne allerede i dag i undertryk og da rørstrækningen er omkring 40 meter, vil størrelsen af dette undertryk vokse, hvis der suges ekstra 50 Kg/s gennem røret. Muligvis giver undertrykket så mange driftsproblemer, at det ikke vil være fornuftigt at øge flowet med 50 Kg/s. Undertrykket kan afhjælpes ved at anbringe en pumpe før vindkedlen og lade den sende 150 Kg/s ind i varmepumpebygningen. Dette er diskuteret i Kapitel 11.

Lagervarmeveksleren kan også anbringes udendørs, men da skal den indsættes tæt ved hovedledning, for at flowet kun på en lille rørstrækning er 150 Kg/s. Denne anbringelse medfører strømning gennem vindkedlerne under reaktornedlukningen og dermed undgås det at vandet i vindkedlerne fryser om vinteren, hvilket i øjeblikket er et problem.



Figur 15.1 Rørinstallation i varmepumpebygning.

Der er fordele og ulemper ved de forskellige placeringer af varmeveksleren, og inden det endelige valg, er det nødvendigt at vide mere om dels forholdene ved bygningerne og dels priserne på rør, pumper, gravearbejde og lignende.

I Kapitel 10 blev konsekvensen af et for højt tryk i vindkedlerne og ved sprængpladerne omtalt. Hvis det høje tryk ikke bliver opdaget i tide, vil kølevandet lække til omgivelserne og reaktoren lukker ned p.g.a. for lav vandstand i sugebassinet. Udvidelsen af kølevandskredssystemet med lagervarmeveksleren kan give trykstigninger - enten ved at tryksiden på en pumpe blokeres - eller ved at et afspærret væskevolumen opvarmes. Den sidste mulighed vil dog ikke umiddelbart resultere i en reaktornedlukning, fordi den eventuelle læk er afspærret fra hovedstrengen. Den første mulighed kan blive aktuel, hvis den ene af pumperne har en maksimal løftehøjde, der er større end det tryk, hvor sprængpladerne går i stykker (differenstryk ca. 3,0 bar) Hvis f.eks. lagerpumpen er i drift og den ventil, som sidder på returrøret lige før hovedstrengen, er lukket, vil der ikke være noget flow gennem pumpen, fordi kontraventilerne ved varmepumperne lukker. Den ene vindkedel vil da være udsat for pumpens maksimaltryk. Problemet er dog ikke alvorligt og kan helt undgås ved at vælge pumper med passende små løftehøjder.

Udbygningen på kølevandskredsløbet kræver færre komponenter og færre meter rør end hele opbygningen på grundvandsiden, men der skal p.g.a. det store flow på kølevandet bruges en større rørdimension på kølevandssiden end på grundvandsside.

Den væsentligste anskaffelse til kølevandssiden, er de to pumper. Prisen er afhængig af om pumperne skal stå i det fri eller om de kan installeres tørt. På kølevandet findes allerede nogle Fløgt-pumper, der er druknesikre, og

det er derfor en oplagt mulighed at vælge pumper af dette fabrikat. Der er indhentet priser på nogle pumper af CT-typen:

Pumpe Nr.	flow l/s	tryk mVs	virknings- grad %	betegnelse -	pris Kr.
1	100	11,8	72	CT 3201-632	60.080
2	50	3,8	56	CT 3127-412	20.634
3	150	3,2	68	CT 3201-620	34.090

I Bilag 8 er vist de 3 pumpekarakteristikker.

Pumpe nr. 1 kan bruges i leveringstilfældet. Afhængigt af om anlægget opbygges som på Figur 11.4 eller Figur 11.5, kan pumpe nr. 2 eller 3 bruges i lagringssituationen. Da flowet gennem varmeveksleren kun er ca. 50 l/s (180 m<sup>3</sup>/h) ved lagring, er de angivne trykstigninger tilstrækkelige.



## 16 . VENTILER

---

Placeringen af ventiler på anlægget fremgår af Figur 16.1.

Som det fremgår af figuren, er anlægget udstyret med 5 motorstyrede ventiler. Disse ventiler skifter stilling afhængig af driftssituationen:

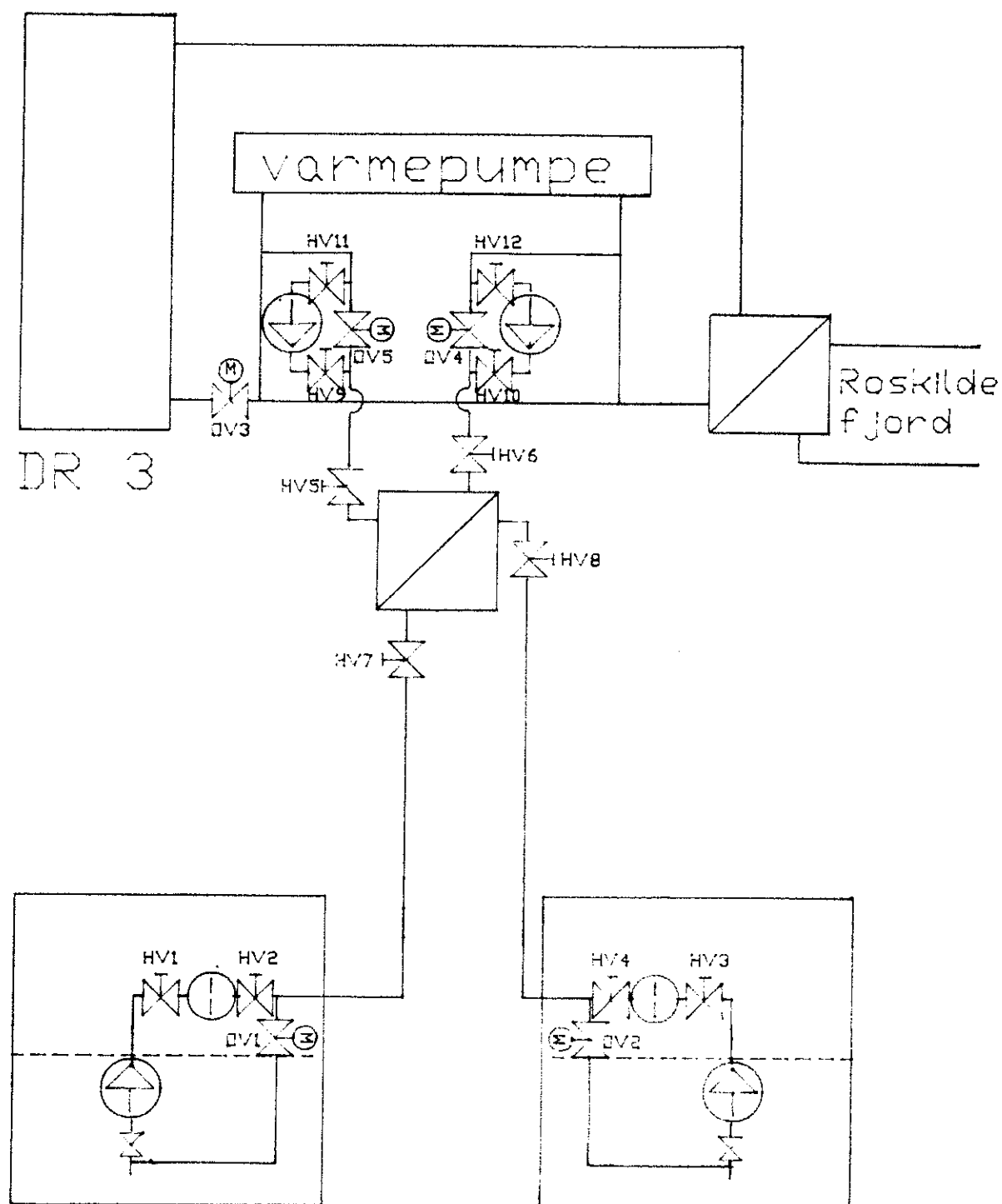
	Lagring	Levering
OV1	åben	lukket
OV2	lukket	åben
OV3	åben	lukket
OV4	åben	lukket
OV5	lukket	åben

Ved tilbagelevering bør OV3 være lukket. Herved undgås det, at det kolde kølevand i hovedstrengen bliver opblandet med vandet på varmepumpesiden, og samtidig sikrer den åbne ventil ekspansionsmulighed via sugebassinet.

Ventilerne vil via relæ automatisk blive indstillet i korrekt stilling før pumpestart ved valg af driftsform.

Anlægget er yderligere udstyret med 12 håndbetjente afspærringsventiler. Disse ventiler er placeret ved filtre, varmeveksler og pumper, således at de respektive komponenter uden problemer kan afspærres for reparation.

Ud fra ønsket om tæt afspærring vil sædeventiler eller evt. butterflyventiler være at foretrække.



Figur 16.1 Placering af ventiler på anlægget.

Endelig er der i hver boring afmærket en kontraventil. Denne ventil er indbygget i pumpen og forhindrer vandet i at løbe tilbage til reservoiret ved stilstand.

Der er indhentet tilbud på ventiler hos forskellige fabrikanter. Tilbuddene fremgår af Bilag 9. Ventilpriserne ligger typisk på 1.500 Kr. for håndbetjente ventiler og 10.000 Kr. for motorstyrede ventiler.

## 17.     FILTRERING

---

Det er nødvendigt med filtrering på grundvandssiden, idet vand som oftest vil indeholde partikel-forureninger i en uacceptabel mængde. Partiklerne kan stamme fra naturen eller fra ledningssystemet, og typiske forureninger kan være grus, sand, organisk materiale og rust fra rørsystemet. Et meget generende problem i denne forbindelse er belægninger i varmeveksler.

For at undgå problemer med belægninger og med partikler i vandet, indsættes der et filter i hver brønd således, at vandet bliver filtreret så tidligt som muligt i rørsystemet lige efter oppumpning.

Typen af filter afhænger af filtreringsmetoden, idet der skelnes mellem overfladefiltrering, dybdefiltrering og separation generelt.

Ved separation generelt benyttes centrifugalseparation, hvor væsken bliver ført i spiralbevægelse, hvorved partiklerne slynges ud mod væggen og synker ned i et bundreservoir. Filtreringen er ikke absolut, idet partikler under 75 mikron ikke vil blive filtreret fra. Det kræves således for at benytte centrifugalseparation, at man kender sin partikelforurening præcist, idet partiklernes størrelse skal ligge mellem 75 mikron og 9 mm, og at partiklernes massefylde er over  $2 \text{ g/cm}^3$ .

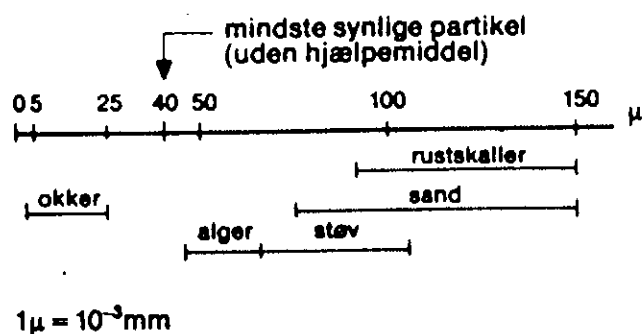
Ved såvel overflade- som dybdefiltrering filtreres der med sikurv, filterkurv eller filterpatron. I modsætning til sifiltre og kurvefiltre kan filterpatronerne ikke genanvendes. Snavspartiklerne trænger ind i og fanges af filtermediet. Hvis der er tale om betydelige snavsmængder,

vil en løsning med patronfilter derfor give for høje driftsomkostninger.

Filtreringsgraden vælges ud fra størrelsen af de partikler, der ønskes filtreret fra. Forskellige urenheders partikelstørrelse fremgår af Figur 17.1.

I systemet vil der kunne findes alle de i figuren nævnte partikler: rustskaller, sand, støv, alger og okker. Ud fra disse partiklers størrelse er filterets maskestørrelse valgt til 5 mikron.

Der er indhentet tilbud på såvel elementfilter som posefilter. Elementfilter er billigst i indkøb men dyrest i vedligeholdelse. Elementfilteret har en bedre virkningsgrad (93%) end posefilteret (89%) og har den afgørende fordel, at elementerne kan udskiftes med mere effektive elementer med filtreringsgrad ned til 1 mikron. Ud fra dette er det valgt at bruge elementfilter til en pris på 36.385,- Kr. Tilbud er vedlagt i Bilag 10.



Figur 17.1 Forskellige urenheders partikelstørrelse.

## 18 . INSTRUMENTERING

---

Den ønskede instrumentering af anlægget fremgår af Figur 18.1. Oversigt over instrumentering er vedlagt som Bilag 11.

### 18.1 Gennemstrømningsmåling

Det er for anlæggets drift nødvendigt at måle gennemstrømningen af såvel kølevand (FI 2) som grundvand (FI 1). Da gennemstrømningsretningen ændres fra lagring til tilbagelevering, og gennemstrømningen skal registreres i begge driftssituationer skal gennemstrømningsmåleren kunne måle i begge gennemstrømningsretninger.

De foretrukne måleprincipper, der anvendes idag til gennemstrømningsmåling af væsker er: Magnetiske flowmålere, bløndemålere og ultralydsflowmålere.

Der kan opstilles følgende krav til gennemstrømningsmåleren: Sikre passage af partikler, minimalt tryktab, god nøjagtighed.

Valg af gennemstrømningsmåler er faldet på den magnetiske flowmåler. Denne er at foretrække fremfor ultralydsmåleren, idet der med hensyn til rørføring stilles langt mindre krav til den magnetiske flowmåler. Bløndemåleren kan ved passage af partikler måle ukorrekt.

Der er indhentet priser på magnetiske flowmålere hos forskellige fabrikanten. Da der haves erfaring med Arduas flowmålere, vælges en flowmåler af dette fabrikat. Datablad findes i Bilag 12. Prisen på en magnetisk flowmåler

på op til  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  og en vandhastighed på  $1,2 \text{ m/s}$  ligger på 22.930 Kr.

## 18.2 Temperaturmåling

For at registrere temperaturforøgelse eller temperatur-sænkning på såvel køle- som grundvand vil der blive placeret en temperatursensor på hver af de 4 indgange til varmeveksleren. (TI 1, TI 2, TI 3 og TI 4).

For at registrere temperaturfrontens udbredelse i reservoir har det været overvejet at etablere instrumenteringsboringer forskellige steder i reservoir. Denne idé er imidlertid afslået, da det ikke vides, hvordan reservoir er opbygget med hensyn til kalkblokke. Det vides derfor ikke, hvorledes varmen vil udbrede sig. En instrumenteringsboring placeret i en kanal vil vise højere temperatur end en instrumenteringsboring placeret i midten af en kalkblok. Ud fra dette synspunkt kan den eneste registrering af temperatur i reservoir foretages i de 2 boringer.

Der er på Figur 18.1 afsat 8 temperaturmålinger i hver boring (TI 11-18 og TI 31-38). Temperatursensorerne skal placeres fra 40 m.u.t. og nedefter med 3 meters afstand. Effekten af disse temperaturmålinger kan først påvises, når indstrømningsforholdene i boringerne er kendt.

Yderligere skal ned/oppumpningstemperaturen i hver boring måles (TI 5 og TI 6), således at temperaturtabet i rørene i jorden kan registreres.

Temperatursensorerne i rørsystemet vil være af typen PT 100 valgt ud fra kravet om en nøjagtighed på mindst  $\pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Typen af temperatursensorer placeret i borerne kan først bestemmes, når rørkonstruktionen og pumpeplacering i brøndene er kendt.

### 18.3 Trykmåling

Erfaringer fra Hørsholm Varmelager har vist, at trykregistrering er af væsentlig betydning for drift af et grundvandsvarmelager, idet et for højt injektionstryk i reservoiret under uheldige forhold kan få dæklaget til at revne. Situationen med Risø Varmelager er dog en helt anden end Hørsholm Varmelager, idet der på Risø er et dæklag over reservoiret på 43 m (Hørsholm Varmelager har et dæklag på 10 m). Der kan derfor tolereres langt højere tryk i systemet på Risø.

De ønskede trykmålinger for drift af anlægget fremgår af Figur 18.1.

I borerne skal niveauet måles (PIT 10 og PIT 11), og ved for høj eller for lav vandstand (pumpen kan køre tør), skal niveaumålingen resultere i nedlukning af drift.

I rørsystemet skal en pressostat på hver side af varmeveksleren på grundvandsside lukke ned ved for højt tryk (PT 1 og PT 2). Tilsvarende skal en pressostat på kølevandsside lukke ned ved for højt tryk i kølevandssystemet. (PT 7).

En tryktransmitter på hver side af varmeveksleren på såvel grundvands- som kølevandsside skal registrere trykket i systemet (PI 3, PI 4, PI 5 og PI 6).

Endelig skal differenstrykket over de 2 filtre måles, for at registrere når filtrene er fulde. (PI 8 og PI 9).



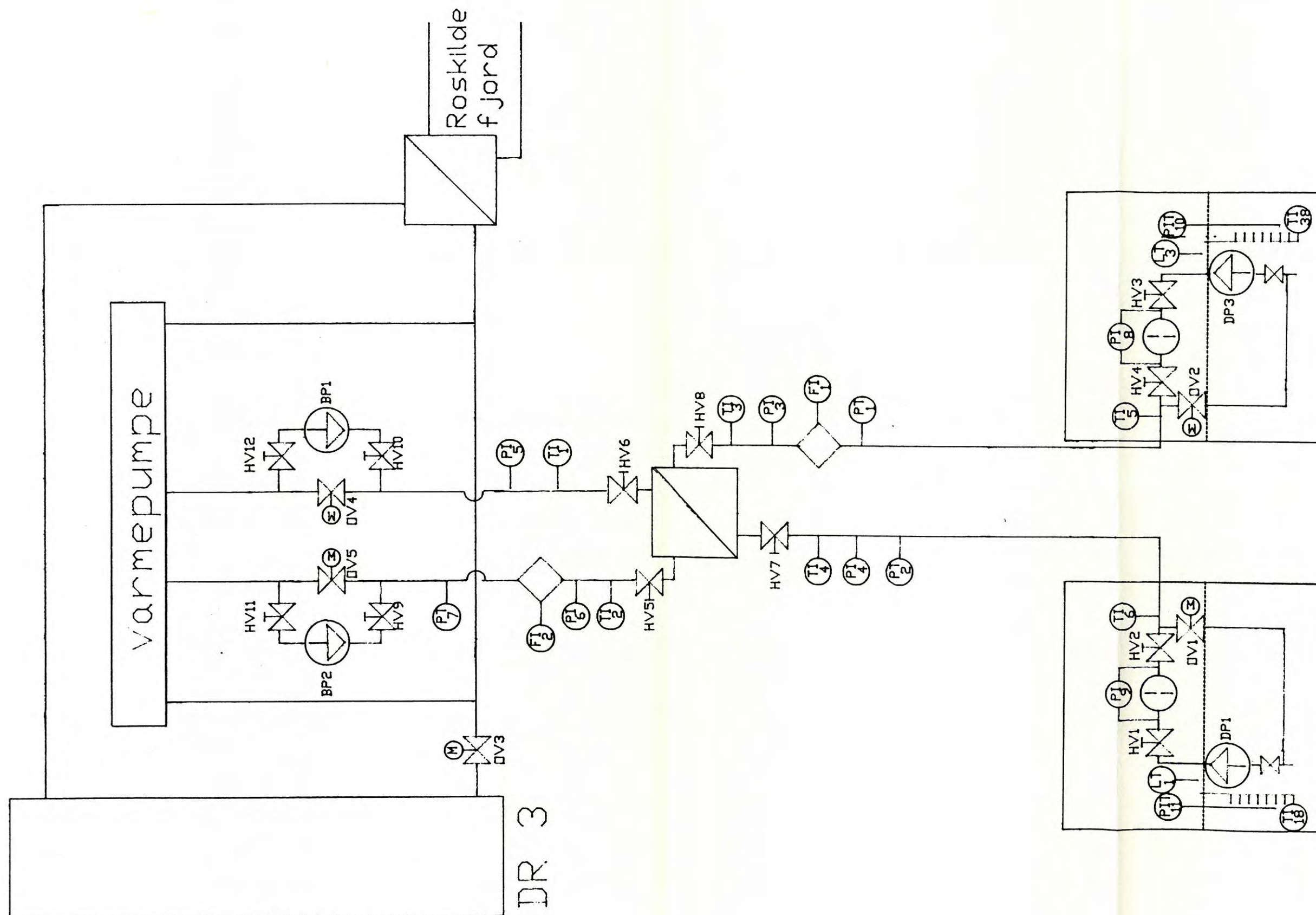
Der er indhentet tilbud på ovennævnte komponenter hos forskellige fabrikanter, og følgende fabrikater foreslås ud fra tidligere erfaringer:

Niveaumåler:	H.F. Jensen, PDQ	Pris: 3.740 Kr.
Pressostat:	Danfoss RT 200	Pris: 523 Kr.
Tryktransmitter:	Kamstrup & Metro 81-16-313/314	Pris: 2.750 Kr.
Differenstrykmåler:	H.F. Jensen, PDQ	Pris: 3.740 Kr.

#### 18.4 Kaloriemåling

De termiske effekter og energimængder kan enten beregnes på computeren ud fra øjebliksværdier af temperatur- og flowmålinger eller registreres ved hjælp af en kaloriemåler.

Hos Kamstrup & Metro findes en egnet kaloriemåler til systemet bestående af en flowmåler (DN 100), en kalorietæller og 2 PT 100 følere. Prisen for denne kaloriemåler er 26.700 Kr..



Figur 18.1 Instrumentering på anlægget.

## 19. STYRING

---

Styringen skal i første omgang kun tage hensyn til at lageret er et forsøgsanlæg. Hvis lageret senere skal indgå i Risøs varmemforsyning, kan det blive nødvendigt med nogle få ændringer.

Anlægget skal fungere simpelt med så få indgreb som muligt. Visse indgreb er dog nødvendige for at anlægget kan fungere i dagligdagen. Al styring sker elektrisk, og kun registrering og dataopsamling foregår over computer.

Følgende krav til styring af anlægget er opstillet:

1. Anlægget skal køre manuelt on/off.
2. Anlægget styres via en omskifter med stillingerne: lagring, stilstand, levering.
3. Med omskifteren indstillet til lagring indstilles de motorstyrede ventiler til lagring, hvorefter pumpe DP 1 efter et par minutter starter ved  $60 \text{ m}^3/\text{h}$ .
4. Der skal via drøvleventil være mulighed for at ændre på gennemstrømningen fra brønd 1, da det endnu ikke vides, ved hvilken gennemstrømningshastighed lagringen foregår optimalt.
5. Samtidig med DP 1 starter pumpe BP 2 ved  $180 \text{ m}^3/\text{h}$ .
6. Med omskifteren indstillet til levering indstilles de motorstyrede ventiler til levering, hvorefter pumpe DP 3 efter et par minutter starter ved  $90 \text{ m}^3/\text{h}$ .
7. Samtidig med DP 3 starter pumpe BP 1 ved  $360 \text{ m}^3/\text{h}$ .
8. Der skal via drøvleventil være mulighed for at ændre på kølevandsgennemstrømningen ved levering.
9. Med omskifteren indstillet til stilstand vil pumpning stoppe. Ventilstilling ændres.
10. Ved for højt tryk i borerne eller i rørsystemet skal pumpning stoppe.

11. På grund af udvidelsen af reaktorens kølevandskredsløb er det nødvendigt at etablere en hovedafbryder i DR 3's kontrolrum. Afbryderen skal have to stillinger:
- "lager fri": lageret kan frit styres fra styreskabet
- "lager blokeret": der aktiveres en nedlukningssekvens, hvor pumperne stopper og ventilerne evt. omstyres.

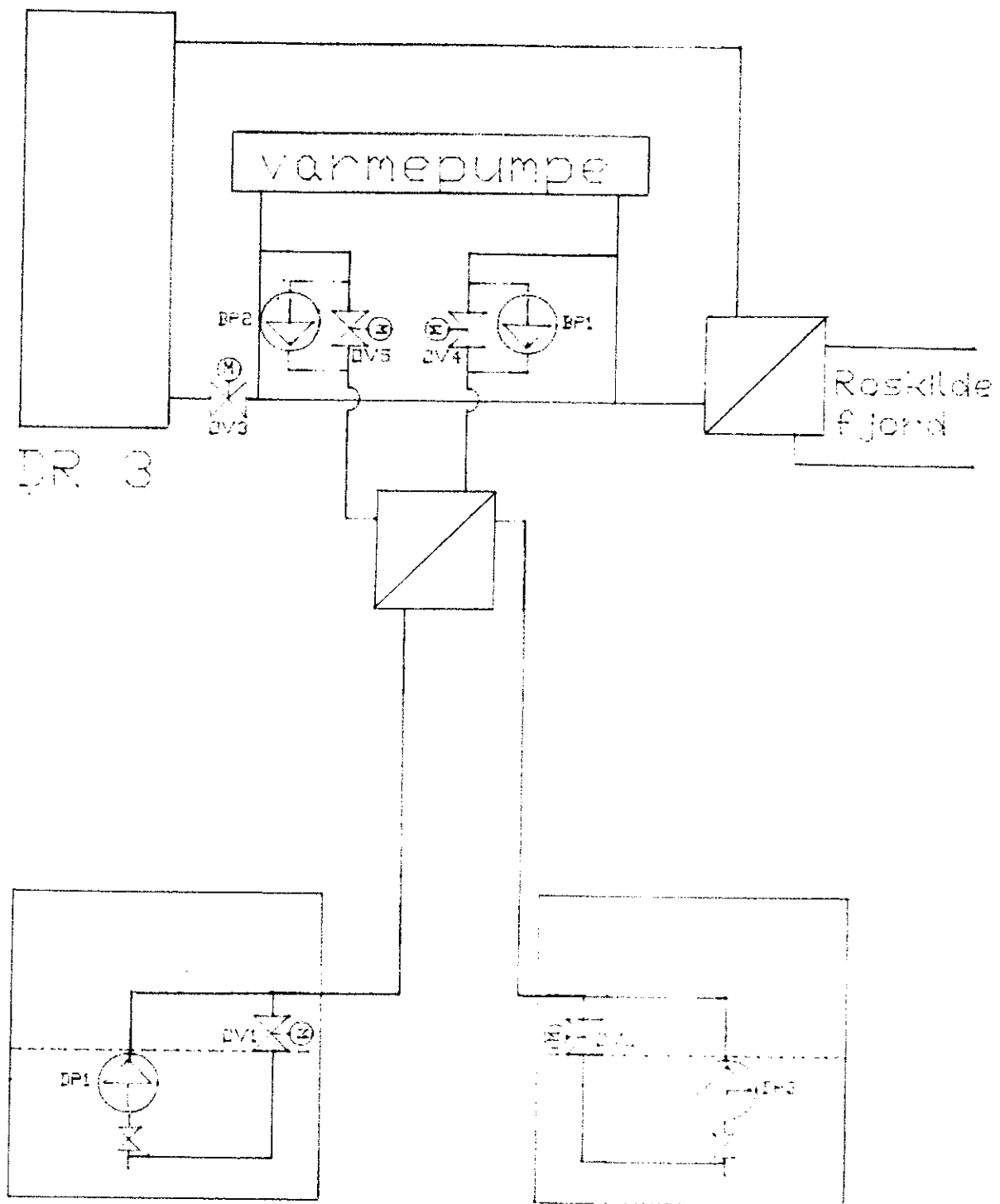
I DR 3's kontrolrum findes allerede en lignende afbryder for varmepumperne.

Styreskabet kan formentlig opstilles i pumpe- eller varmepumpebygningen. Herfra skal det være muligt at aktivere en lagrings-, en leverings- og en nedlukningssekvens.

De komponenter, der skal kunne styres, er nummereret på Figur 19.1. I tabel 19.1 er komponenterne nærmere beskrevet.

Betegnelse	Tvangs- styres	Lager- sekvens	Leverings- sekvens	Stop- sekvens
Dykpumpe DP1	X	Ind	Ud	Ud
Dykpumpe DP3	X	Ud	Ind	Ud
Motorventil OV1	X	Åben	Lukket	Lukket
Motorventil OV2	X	Lukket	Åben	Lukket
Motorventil OV3	X	Åben	Lukket	Åben
Motorventil OV4	X	Åben	Lukket	
Motorventil OV5	X	Lukket	Åben	
Boosterpumpe BP1	X	Ud	Ind	Ud
Boosterpumpe BP2	X	Ind	Ud	Ud

Tabel 19.1: Oversigt over styrede komponenter



Figur 19.1 Styrede komponenter.

Den i dette kapitel omtalte styring er den nødvendige styring for at køre anlægget i projektperioden, hvor den væsentligste opgave er at påvise lavtemperaturlagerets effektivitet, d.v.s. påvise, at den i kalkreservoiret nedpumpede varme kan oppumpes igen og udnyttes via varmepumpe. For at anlægget senere efter projektets forløb skal indgå som varmekilde i Risø's varmforsyning vil det være nødvendigt at indbygge andre styringer for at få anlægget til at fungere optimalt. Det kan således senere blive aktuelt at indføre en sikring mod for lav injektionstemperatur i den varme boring.

På hver varmepumpe findes en kølevandspumpe og kontraventil, og det sikrer under normal drift, at der kun sendes vand gennem de fordampere, som er i drift. Når varmen derimod kommer fra lageret, sender pumpe BP 1 vand gennem alle fordampere, uanset om de er i brug eller ej. Normalt vil det være fordelagtigt at erstatte pumpe BP 1 med f.eks. 3 mindre pumper, men da lageret kun er et forsøgsanlæg, vil denne flowregulering ikke blive foretaget.

For at registrere hvordan anlægget fungerer under drift, skal følgende data opsamles i systemet:

- 1) 22 temperaturmålinger
- 2) 8 trykmålinger
- 3) 2 gennemstrømsmålinger
- 4) 1 kaloriemåling

Data opsamles hvert tiende minut og gemmes på disketter. Viderebehandling af disse data foregår som kurveudskrift med temperatur, tryk, flow eller kaloriemængde som funktion af tiden.

Dataopsamlingen skal ske tre steder i systemet: I hver af brøndene skal der indsamles 11 målesignaler mens der i pumpehuset ligeledes skal indsamles 11 målesignaler. Dataopsamlingssystemet tænkes derfor opbygget af 3 grundenheder forbundet serielt med RS 458 kabel. Den første grundenhed placeres i brønd LT 3 og forbindes serielt med den anden grundenhed placeret i brønd LT 1. Denne grundenhed forbindes atter serielt med den tredje grundenhed placeret i pumpehuset. Dataoverførslen til værtscomputeren placeret i forsøgssektionen sker via simpelt datakabel.

En skitse over systemopbygningen for et sådant dataopsamlingssystem findes i Bilag 13.

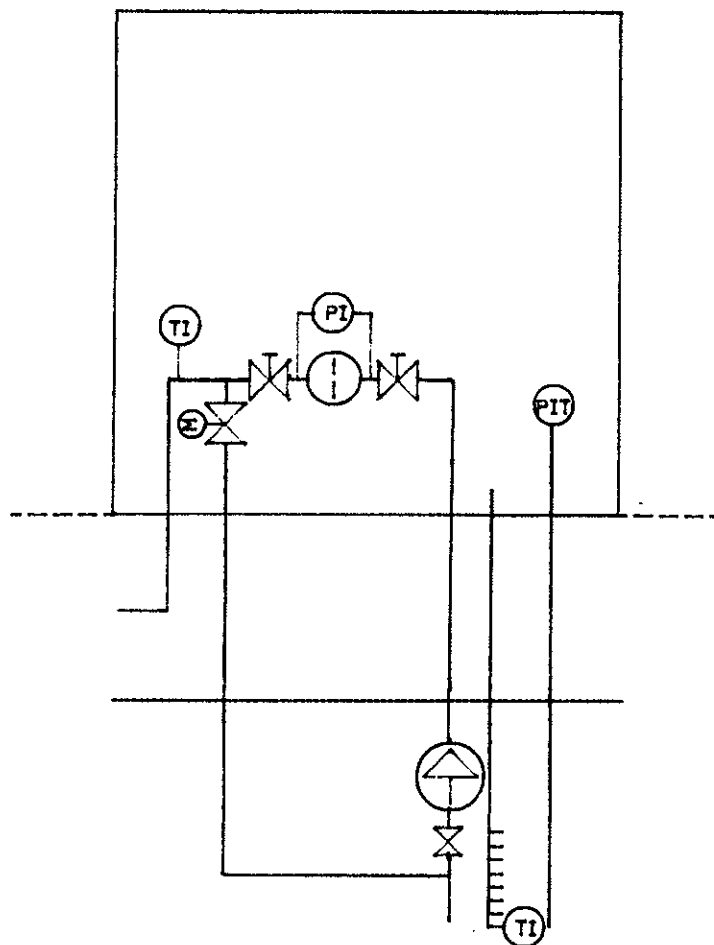
Der er indhentet flere tilbud på dataopsamlingssystemer efter ovennævnte grundprincip, og alle tilbud ligger i samme priskategori. Eksempelvis kan nævnes et tilbud fra Satt Control på 118.000 Kr..

## 21. OVERBYGNINGER

---

Boringerne skal foroven ende i en fritliggende, let tilgængelig overbygning. Overbygningen kan udføres enten som en tørbrønd eller som en bygning med gulv ved terræn. Overbygningen skal indeholde filter og en motorstyret ventil samt diverse tryk- og temperaturmåleinstrumenter.

Med en bygning som overbygning ville det være nødvendigt at forlænge forerøret til ca. 0,5 m over terræn, hvorefter rørinstallationen efter filter og ventil atter skal føres ned i jorden indenfor bygningen, Figur 21.1.



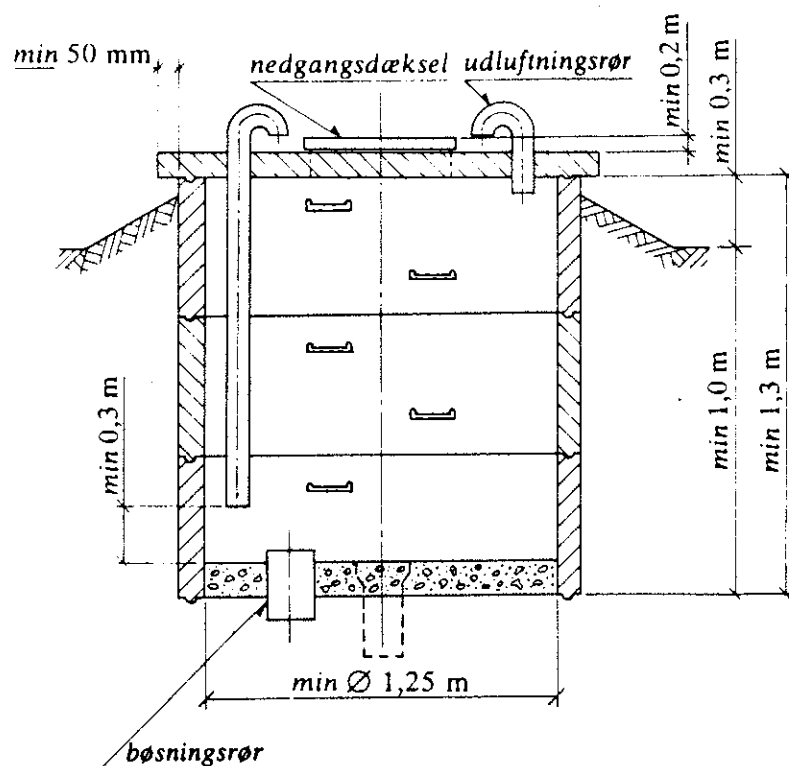
Figur 21.1. Installation i bygning som overbygning.



Da der ikke er tale om ophold af længere varighed i overbygningerne, er det ikke nødvendigt at opføre en bygning som afslutning på boringerne. Der vil desuden kunne opstå praktiske problemer, eksempelvis ved afmontering af pumper.

Af erfaring fra Hørsholm Varmelager vides det, at en tørbrønd er tilstrækkelig tæt til de fornødne installationer, når blot de i brøndene eksisterende klemrækker er installeret i vandtætte bokse.

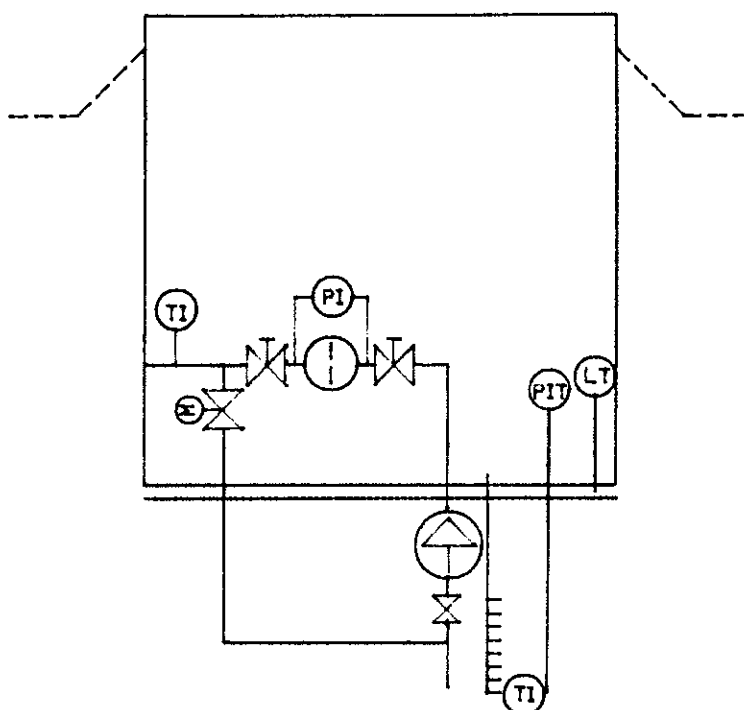
Tørbrønden skal være udført med tæt dæksel, tætte sider og tæt bund. Gennemføringer for rør og kabler skal være vandtætte. Tørbrønden skal opfylde kravene vist på Figur 21.2.



Figur 21.2 Krav til tørbrønd som overbygning.

Tørbrønden skal være forsynet med 2 stk. udluftninger samt en tæt, aflåselig nedgangslem. Yderligere vejledning for opførelse af tørbrønd findes i Reference 5.

Figur 21.3 viser rørinstallationer og måleinstrumenter i tørbrøndene.



Figur 21.3 Installationer i tørbrønd.

I bunden af brønden skal der etableres en sump, hvori en evt. dykpumpe kan placeres. I sumpen skal der monteres en flyder, der vil give udslag hvis der kommer vand i brønden.

Ud over installationerne i brøndene, er de væsentligste komponenter, der bør stå overbygget, lagervarmeveksleren, flowmålere og diverse tryk- og temperaturmåleinstrumenter. Disse komponenter bør kunne placeres i pumpebygningen, der støder direkte op til varmepumpebygningen.

## 22 . ANLÆGSUDGIFTER

---

Udgifterne til opbygning af det i rapporten omtalte anlæg med de respektive komponenter og måleinstrumenter vil stort set beløbe sig til følgende:

### 1. Mekaniske komponenter:

1	dykpumpe, DP 1, Grundfos SP 75-3	20.675,- Kr.
1	dykpumpe, DP 3, Grundfos SP 75-7	29.235,- Kr.
1	pumpe, kølevand, BP 1	60.080,- Kr.
1	pumpe, kølevand, BP 2	20.634,- Kr.
1	varmeveksler	80.000,- Kr.
12	håndbetjente ventiler a Kr. 1.500,-	18.000,- Kr.
5	fjernbetjente ventiler a Kr. 10.000,-	50.000,- Kr.
2	filtre a Kr. 36.385,-	72.770,- Kr.

### 2. Måleudstyr og elektriske komponenter

#### Tryk

PT 1, 2, 7	Pressostater	
	Danfoss RT 200, 17-5237 a Kr. 523,-	1.600,- Kr.
PI 3, 4	Tryktransmittere	
	Kamstrup 81-16-313 a Kr. 2.750,-	5.500,- Kr.
PI 5, 6	Tryktransmittere	
	Kamstrup 81-16-314 a Kr. 2.750,-	5.500,- Kr.
PI 8, 9, 10, 11	Differenstryktransmitter	
	H.F. Jensen, PDQ a Kr. 3.740,-	15.000,- Kr.
PI 3-6 og PI 8-11	Spændingsfors. 24V	
	3 stk. a Kr. 1.500,-	4.500,- Kr.
PIT 10, 11	Grænsegivere a Kr. 1.000,-	2.000,- Kr.

Læk

LT 1, 2 Flydekontakter ca. a Kr. 400,- ~ 800,- Kr.

Temperatur

TI 1, 2, 5, 6		
P <sub>t100</sub> dykføler	a Kr. 709,-	2.900,- Kr.
T11-18P <sub>t100</sub> sammenbygget	a Kr. 1.500,-	12.000,- Kr.
T31-38P <sub>t100</sub> sammenbygget	a Kr. 1.500,-	12.000,- Kr.
3 stk. 1 mA strømforsyning Risø model Ole	a Kr. 5.000,-	15.000,- Kr.

Pumpe- og ventilstyring brønd 1

Relæer, motorskab, sikring, afbryder 10.000,- Kr.

Pumpe og ventilstyring brønd 2

Relæer, motorskab, sikring, afbryder 10.000,- Kr.

Varmepumpehus, diverse

Alarmpanel m. 6 kanaler og "først op".	
Spændingsforsyning, timer, relæer	
x-felt m.m.	15.000,- Kr.
Flowmåler	22.930,- Kr.
Kaloriemåler	26.700,- Kr.

Hertil skal lægges udgift til kabler.

3. Dataopsamling

3 stk. grundenhed + ekspander 118.000,- Kr.

4. Øvrigt

2 stk. tørbrønde	40.000 Kr.
1 " boring	110.000 Kr.
rørføring	129.000 Kr.

Ialt	909.824 Kr.
=====	=====

Anlægsprisen på 909.824 Kr., forhøjet til 910.000 Kr., er ren komponentspris uden arbejds løn.

Anlægget er et demonstrationsanlæg. Ved opbygning af et senere anlæg vil en lang række måleudstyr samt dataopsamlingsystemet være overflødig, og anlægsprisen vil kunne reduceres betydeligt.

## 23 .      DRIFTSUDGIFTER / VARMEBESPARELSER

---

Lageret er et forsøgsanlæg, der ikke skal sælges på en god driftsøkonomi, men det vil alligevel være interessant at opstille et energiregnskab for et helt år. Besparelsen ved lageret består i at varmepumperne overtager noget af kedlernes varmeproduktion og det er derfor nødvendigt at kende prisen på elektrisk energi og varme på Risø. I oktober 1986 var el-prisen 495 kr/MWh og ud fra olieprisen (se Bilag 14) og kedlernes virkningsgrad, fås en pris for produceret varme på 250 kr/MWh. De lave beløb skyldes, at der ikke skal betales afgifter.

Risø's energibehov i MW (1985) fremgår af Tabel 23.1.

Januar:	3,66 MW
Februar:	3,72 MW
Marts:	2,89 MW
April:	2,23 MW
Maj:	1,09 MW
Juni:	0,61 MW
Juli:	0,51 MW
August:	0,55 MW
September:	1,10 MW
Oktober:	1,53 MW
November:	2,78 MW
December:	2,88 MW

Tabel 23.1      Risø's energibehov (1985)

Når lageret leverer varmen til fordamperne, er den maksimale varmeafgivelse 1.6 MW. Om sommeren er behovet ikke så stort og ud fra tabellen fremkommer det, at varmelagerets udnyttelsesgraden på årsbasis vil være 80%.

I den følgende tabel er regnet med en effektfaktor på 3,2, men når varmebehovet er lille, skal grundvandet afkøles mindre i lagervarmeveksleren, og der kan opnås en forbedret effektfaktor. Ved for eksempel 50% belastning af varmepumperne skal grundvandet afkøles fra 35°C til 30°C, og effektfaktoren bliver ca. 3,4. Værdien 3,2 vil dog blive brugt, og med kompressormotorerne på ialt 0,5 MW fås en varmeafgivelse på 1,6 MW. Et år regnes lig med 13 perioder. Hver periode består af 28 dage: 4,5 dag med levering og 23,5 dag med lagring.

Det antages, at der altid er en pumpe i drift på såvel kølevandssystemet som grundvandssystemet. Pumpeeffekten er udregnet efter følgende formel:

$$P(W) = \frac{\dot{V} \times \Delta p \times \rho \times g}{3600 \times n}$$

hvor

$\dot{V}$  = flow (m<sup>3</sup>/h)

$\Delta p$  = løftehøjde (mVs)

$\rho$  = vands massefylde = 998 kg/m<sup>3</sup>

$g$  = tyngdeaccelerationen = 9,81 m/s<sup>2</sup>

$n$  = pumpens virkningsgrad

#### Energiregnskab for et år

Besparelse i olieforbrug:

(1,6 MW i 80% af 13 perioder  
på 4,5 dag: 250 Kr./MWh)

449.280,- Kr.

El-forbrug til varmepumpe:

(0,5 MW i 80% af 13 perioder  
på 4,5 dag: 495 Kr./MWh)

277.992,- Kr.

Pumpeudgifter:

Pumpe	Flow m <sup>3</sup> /h	Tryk mVS	Virknings- grad	Dage	Beløb Kr.
Kølevand, levering	360	13	0,72	58,5	12.285,-
Kølevand, lagring	180	3	0,56	305,5	9.517,-
Grundvand, levering	90	45	0,64	58,5	11.960,-
Grundvand, lagring	60	30	0,70	305,5	25.888,-
					<u>59.650,-</u>

Tabel 23.2 Energiregnskab for et år.

Nettobesparelsen på energiregnskabet som følge af varmelageret bliver ca. 112 KKr. om året.

### 23.1 Tilbageleveringstid

Den estimerede tilbageleveringstid er defineret som følger:

anlægsudgifter	
energibesparelse pr. år	- driftsudgifter pr. år
anlægsudgifter	= 910.000,- Kr.
energibesparelse pr. år	= 450.000,- Kr.
driftsudgifter pr. år (pumpeudgifter pr. år)	= 338.000,- Kr.

Med de ovennævnte udgifter og besparelser vil tilbagebetalingstiden på demonstrationsvarmelageret blive 8,13 år.

For et tilsvarende varmelagringsanlæg uden dataopsamling og ekstra måleudstyr vil tilbagebetalingstiden blive 5,63 år.



## REFERENCELISTE

---

1. Nielsen & Rauschenberger, rådgivende ingeniører A/S:  
Højtemperatur grundvandsvarmelagre, december 1985.
2. Kvisgaard, B og Hadvig, S:  
Varmetab fra fjernvarmeledninger, 1980.
3. Hansen, Preben Nordgaard:  
Varmetab fra store varmelagre, Marts 1979.
4. Dansk Ingeniørforenings almindelige betingelse for  
beregning af bygningers varmetab.
5. Dansk Ingeniørforenings norm for fælles vandfor-  
syningsanlæg, NP-141-N.
6. Korrosionsforebyggelse i VVS-installationer,  
Statens Byggeforskningsinstitut 1982.



Appendix 1RAPPORT OVER  
DE HYDROGEOLOGISKE UNDERSØGELSER  
I FORBINDELSE MED LAVTEMPERATUR  
VARMELAGRINGSPROJEKTET PÅ RISØ.

## FORMÅL.

Formålet med de hydrogeologiske undersøgelser i området sydvest for behandlingsstationen på Risø, er at få en vis information om dispersionsforholdene i kalkreservoiret og dermed baggrund for at vurdere dets egnethed for lagring af varmt vand for genindvinding via varmepumper. Der er udført 2 boringer LT-1 (DGU ark. nr. 199.953) og LT-3 (DGU ark. nr. 199.961), geofysisk logging, pumpe-test, salt-test samt et tracerforsøg.

## GEOLOGI OG HYDROGEOLOGI.

Lager-aquiferen udgøres af danienkalk, stærkt opsprækket i de øverste 10-15 m. På basis af eksisterende boringer i DGU's borearkiv fremgik det, at danienkalkens overflade findes i dybder svarende til kote -35 til -45 m i området mellem Reaktor DR3 og behandlingsstationen. Kalklaget er ikke gennemboret i nogen af de eksisterende boringer og disse er kun ført 10-15 m ned i dette. Danienkalken overlejres af istidsaflejringer i mægtigheder på 35-45 m, fortrinsvis bestående af moræner, dog med en lagserie af smeltevandsaflejringer i intervallet kote ca. -15 til -35 m, overvejende finkornede aflejringer, men i visse områder dog med lag af smeltevandssand på op til 10 m's tykkelse.

## UNDERSØGELSESBORINGER.

Der er i forbindelse med undersøgelsen udført 2 boringer

bor. LT1 til 60 m's dybde og bor. LT3 til 80.5 m's dybde. Beliggenheden af borestederne fremgår af bilag 2 og de gennemborede jordlag af bilag 3 og 4. Den gennemborede lagserie er stort set som ventet. Dog udgøres istidslagene fortrinsvis af ler, moræneler med enkelte sandede intervaller, disse er dog af så ringe mægtighed, at de ikke vil kunne komme i betragtning som lager-aquifer.

#### AQUIFER-ANALYSE.

##### Pumpetest.

Kalkaquiferen er undersøgt ved en pumpetest med påfølgende stigningsforsøg. Prøvepumpningen har været af en varighed på ca. 17 døgn (24.02.84 kl. 13.30 - 12.03.84 kl. 11.35) med pumpning på bor. LT3, (DGU 199.961) og med observationer i LT3 (DGU 199.953) og .210. Pumpekapaciteten 27 m<sup>3</sup>/h. Reservoirets hydrauliske egenskaber er bestemt såvel på sänkingsdata, som stigningsdata. Der er konstateret en vis trykafhængighed i reservoirets transmissivitet.

Værdier for reservoirets hydrauliske egenskaber bestemt på de udførte observationsdata fremgår af tabel 1 og bilag 3.

Tabel 1. Oversigt over værdier for kalkreservoirets hydrauliske egenskaber.

Bor.nr.	r		T m <sup>2</sup> /sek.		Bilag nr.
	m	s	s'	Tryk-afh.	
LT3	0	0.0014	0.0020	0.0025	5
LT1 <sup>1)</sup>	100	0.0022			6
LT1 <sup>1)</sup>	100		0.0022		7
LT1 <sup>2)</sup>	100		0.0022		8
199.210 <sup>1)</sup>	600		0.0023		9
199.210	600		0.0025		10

Tabel 2. Oversigt over værdier for kalkreservoirets magasin-  
koefficient samt lækagekoefficient.

Bor.nr.	$S \times 10^4$		$K'/b' \text{ sek}^{-1}$		Bilag nr.
	s	s'	s	s'	
LT3					5
LT1 <sup>1)</sup>	3.7		$1.0 \times 10^{-9}$		6
LT1 <sup>1)</sup>		5.4		$7.0 \times 10^{-10}$	7
LT1 <sup>2)</sup>		1.8			8
199.210 <sup>1)</sup>		5.3		$3.1 \times 10^{-9}$	9
199.210		5.3			10

#### ANDRE BOREHULSUNDERSØGELSER.

##### Hydrologging og salttest.

Der er udført forskellige logging operationer i borerne:

Caliperlog	Bilag 9+10.
Gammalog	Bilag 11+12.
Ledningsevnelog	Bilag 13+14.
Flowlog	Bilag 15+16.

Der er desuden gennemført en såkaldt salttest, en tracer test, i hver af borerne, for at bestemme indstrømningsprofilen i de to borer, boring LT1, 26.03.84 og i boring LT2 den 04.06.84. Fremgangsmåden har været, på basis af tilsat opløsning af NaCl i borehulsvæsken og gentagen logging med konduktivitetssonden at bestemme, hvor og i hvilke mængder vandtilstrømningen til boringen sker.

På basis af flow-hastigheder i borehullet bestemt ved måling af pulshastigheder og borehulsdiameter under pumpning på 25 m<sup>3</sup>/h fra boring LT3 kan det påvises, at indstrømningen sker i intervallet 46 - 57 m. (Det bemærkes, at borerøret er ført

til 46 m under terræn i bor. LT3, men at den øverste del af kalken fra 43 m's dybde må antages at være særdeles stærkt vandførende).

På basis af salt-testen kan indstrømningsfordelingen beregnes til følgende:

Interval:	Procenttilstrømning
(43)46-50 m under terræn	ca. 75%
50-53 m under terræn	ca. 15%
53-57 m under terræn	ca. 10%
57-80 m under terræn	Ikke målelig indstr.

Kortvarige pumpeforsøg under borearbejdets successive frem-skriden er gennemført med boringens bund i hhv. 59, 62, 65, 68, 71, 74, 77, 80 og 81.5 m af brøndboreren. Boringens specifikke kapacitet holder sig næsten konstant ved disse pumpeforsøg, (15.3-17.7 m<sup>3</sup>/h). Variationen må skønnes at ligge inden for måleusikkerheden under de givne omstændigheder.

#### Tracer test.

For at få et kvalitativt billede af dispersionens størrelse i kalkreservoiret omkring boring LT-1 og LT-3 blev der i tiden 23.11 - 12.12.1984 udført et tracerforsøg ved oppumpning af vand fra LT-1 og nedpumpning af vandet i LT-3. Efter opnåelse af quasistationære forhold er der tilsat tracer til pumpevandet, og nedpumpningen er fortsat ca. 1 døgn, hvorefter nedpumpningen i bor. LT-3 er stoppet og en tilbagepumpning fra LT-3 til Roskilde Fjord er påbegyndt under måling af tracerkoncentration i det tilbagepumpede vand, dels ved kontinuert registrering af strålingen i et gennemløbskar, og dels ved udtagning af vandprøver til analyse for indhold af tritium og Rhodamin.

Forsøgets tidsmæssige forløb er som følger:

- 23.11.84 kl. 14.30 Start af oppumpning fra LT-1 og nedpumpning i LT-
- 26.11.84 kl. 13.21 Tilsætning af tracere til pumpestrømmen:  
 $^{12}\text{Br}$ : 432 mCi  
 $^3\text{H}$ : 33 mCi  
Rhodamin: 53 g
- 27.11.84 kl. 11.14 Stop af nedpumpning til LT-3
- 27.11.84 kl. 12.10 Start af tilbagepumpning af  $10.9 \text{ m}^3/\text{time}$  til Roskilde Fjord.
- 12.12.84 ca. 12.00 Stop af tilbagepumpningen.

Nedpumpningen efter tracertilsetning har således varet i 21.88 timer a  $9.5 \text{ m}^3$  svarende til ca.  $208 \text{ m}^3$ .

Tilbagepumpningen har varet 360 timer a  $10.9 \text{ m}^3$ , svarende til  $3924 \text{ m}^3$ . Der er således tilbagepumpet en vandmængde, der er 18.9 gange den nedpumpede efter tracertilsetningen.

Tracerkoncentrationen i det tilbagepumpede vand som funktion af tiden, fremgår af bilag 11-12.

Det fremgår heraf, at den første tracer viser sig efter 13 minutters pumpning. Tracerkoncentrationen stiger derefter kraftigt i ca.  $1/2$  døgn for derefter at falde med tiden i resten af pumpeperioden.

På grund af en mindre utæthed ved målekarret i en kort periode i starten af tilbagepumpning dryppede der vand på jorden under målekarret. Da dette vand havde en relativ høj koncentration af tracer, har strålingen herfra medført fejl i den kontinuerte måling af traceren  $^{82}\text{Br}$ . Fejlen anses for

uvæsentlig indtil ca. 70 timer efter start af tilbagepumpningen, mens den i perioden herefter, grundet den lave koncentration i pumpevandet vil give en større fejl i tæltallet for  $^{82}\text{Br}$ .

Tritiumkoncentrationerne, som er fremkommet ved analyse af  $^3\text{H}$ -koncentrationen i vandprøver er ikke påvirket af dette forhold.

Koncentrationsforløbet med den betydelige fortynding er ikke blot et udtryk for den dispersion, der sker i selve kalkreservoiret, men i høj grad et resultat af strømningsgeometrien under ned- og oppumpningen.

Under nedpumpningen med samtidig oppumpning fra LT-1 boringen er strømbanerne fortrinsvis rettet mod LT-1, i hvilken retning de største hydrauliske gradienter forekommer. Under oppumpningen med radiær tilstrømning til LT-3 vil en større og større del af det oppumpede vand være rent vand, som blandes med tracerholdigt vand fra den del af periferien, som vender mod boring LT-1.

Strømningsgeometrien vil være som vist i bilag 13. Efter en given tid vil en tracerpuls være nået til forskellige afstande fra injektionsboringen, afhængig af partikkelhastigheden betinget af den hydrauliske gradient i forskellige retninger. På fig. 13 er tracerpulsens beliggenhed illustreret ved forskellige tidspunkter af nedpumpningen.

Den fremkaldte strømningsgeometri bidrager derfor væsentligt til den opblanding på 1:20 som er konstateret.

Som bekendt er varmfordelingens frontbevægelse en ganske anden end vandpartiklerne, idet varmen i vandet afgives til reservoirstejningen, hvilket medfører en væsentlig begrænsning i dispersionen så forholdet mellem nedpumpet og oppumpet vandmængde for genindvinding af varmen nedbringes.



Baggrundsværdi for tritium er mindre end 2 TU. Tritiumkoncentrationen i den sidst udtagne prøve er 24 TU. Derefter er der pumpet i yderligere 2 døgn med  $10.9 \text{ m}^3/\text{h} = 532 \text{ m}^3$ .

*Dans Jørgen Knud*

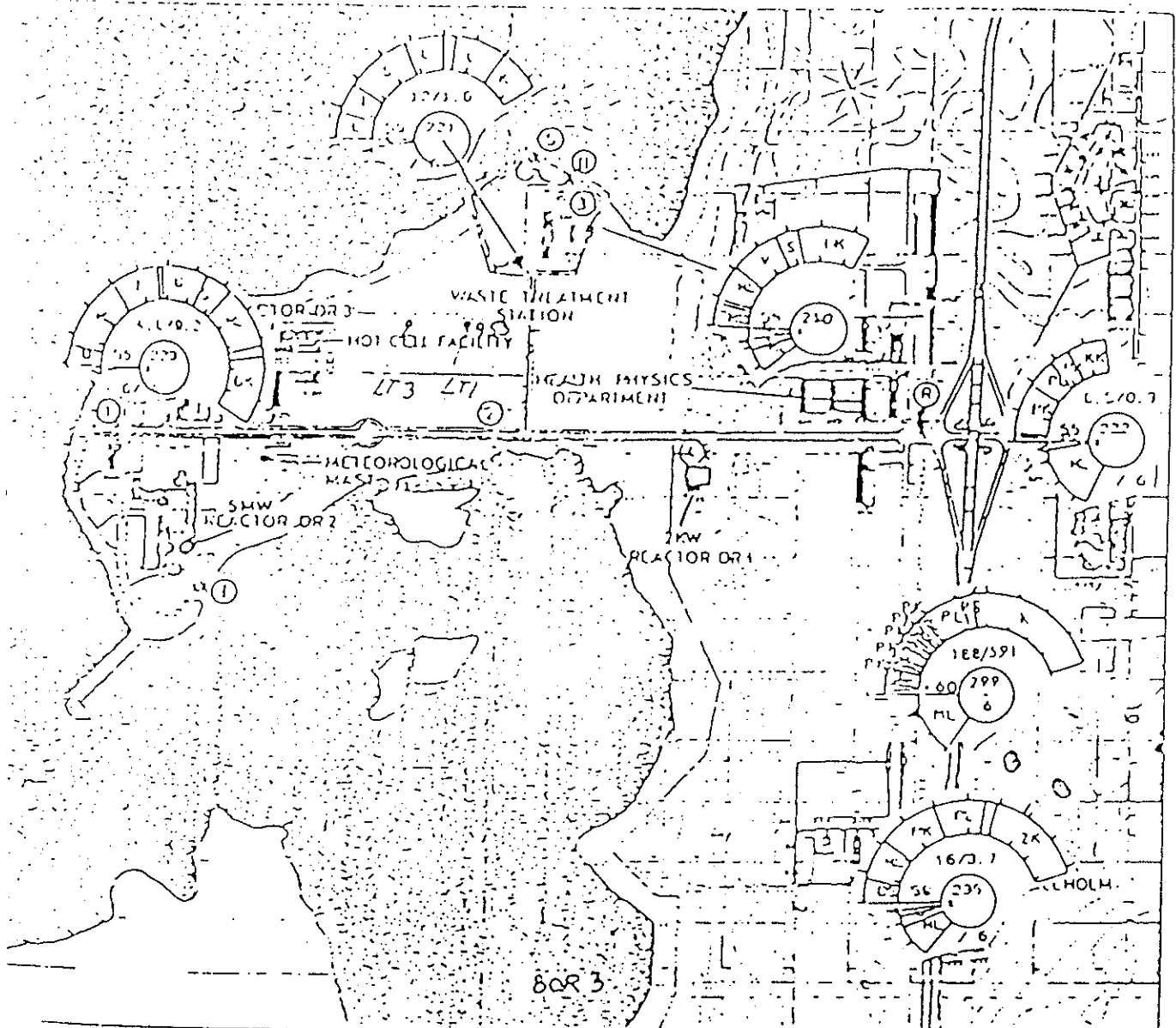
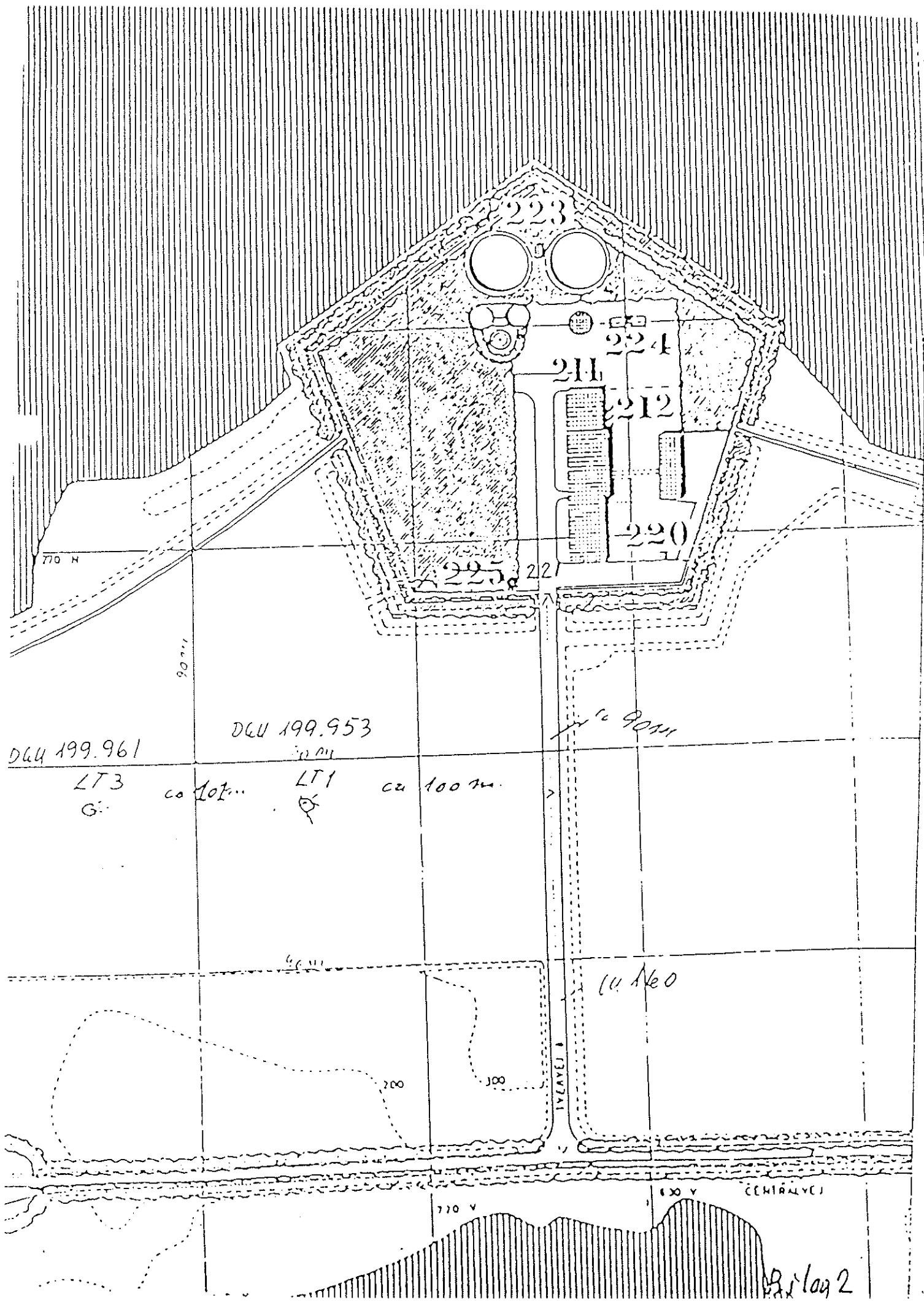


Fig. 3.1.2.1. The Risø Research Establishment.

0 100 200 300 400 500 m

Målestok 1:10.000 Cirkeldiagramkort over boreriger ved  
Forsøgsanlæg Risø.

24.08.1983. Lars Jørgen Andersen

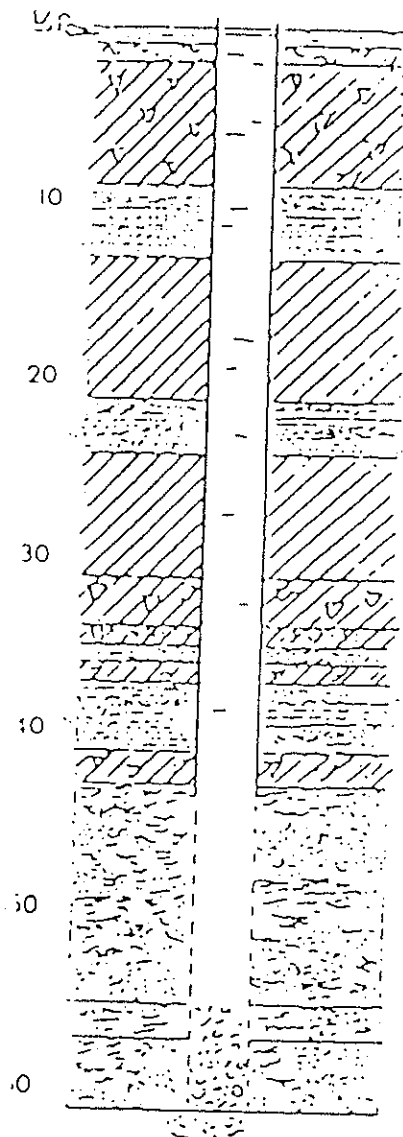




Køjeminstrelet J.nr. D.G.U. 255-11

# BOREJOURNAL 24 OKT. 1934

Riso Forsøgstation, boring nr. 1 beliggende  
200 m N for Centralvej og 100 m V for Tvervej 8



Terrænkote ca. 2 m.

Jordlag fra om.

- til 1 m sand
- 2 - mosedynd
- 9 - moræneler
- 13 - flyd
- 21 - stenfrit ler
- 24 - flyd
- 31 - stenfrit ler
- 34 - moræneler med sten
- 35 - stenlag
- 36 - flyd
- 37 - moræneler stenet
- 41 - flyd
- 43 - moræneler stenet
- 55 - fast hvid kalk
- 57 - blød kalk
- 61 - fast kalk med flint.

*Delet. 199.953*

*LT. 1.*

8" stålør til 43,7 m.u.t.

Vandstand 0,3 m.u.t.

20 m<sup>3</sup>/time ved 5,85 m sækning efter 10 døgns  
pumpning.

*~ 3.4 m<sup>3</sup>/h/ms.*

*Holbæk, den 8-1-84*

*H. Brøker*



# BOREJOURNAL 24 OKT. 1984 2

Riso Forsøgstation, boring nr. 2 beliggende  
100 m vest for boring nr. 1.

Dokument nr. 137.961  
LT-3

Terrænkote ca 2 m.

Jordlag fra om.

til 1 m opfyld

- 3 - dynd

- 4 - mosejord

- 6 - moræner med sten

- 10 - kalkholdigt ler

- 14 - fast moræner med sten

- 15,5 - flyd

- 33 - diluvialt ler

- 34 - moræner med sten

- 37 - diluvialt ler

- 42 - moræner med sten

- 44 - store sten med grus

- 71 - fast kalk med flint

- 81,5 - blødere og lysere kalk med flint.

Boringen er udført som 10" tørboring til 50 m  
under terræn.

Boringen er udført som 8" rotationsboring til  
81,5 m.u.t.

273 mm stålror til 46,0 m.u.t.

Vandstand i ro 1,35 m.u.t.

11 m<sup>3</sup>/time ved 0,65 m sænkning.

16 m<sup>3</sup>/h/m s.

Holbæk den 18-2-84

*[Signature]*

# PRØVEPUMPNING

LAVTEMPERATURAKLIG - RISØ

Pump-boring-dato , DGU ark.nr. ■ 953 LT 1  
199.961 = ~~LT-3~~

Pump-start 24.02.84 KI 13.30 Pump-stop 12.03.84 KI 11.35

Sanerings:  $T = 0.0014 \text{ m}^2/\text{s}$

KORRIGERET FOR TRYKAFHÆNGIG

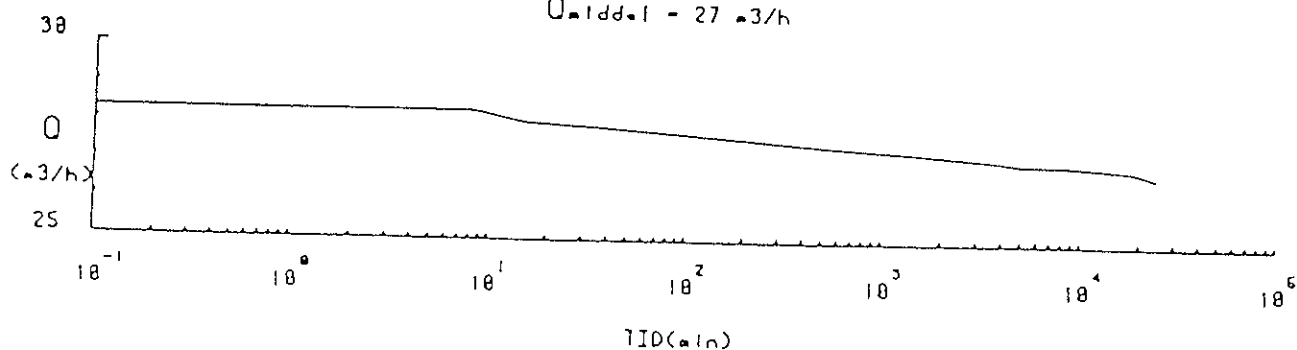
$T = 0.0025 \text{ m}^2/\text{s}$

Stigning:  $T = 0.002 \text{ m}^2/\text{s}$

PERMEABILITET

$T = 0.0025 \text{ m}^2/\text{s}$

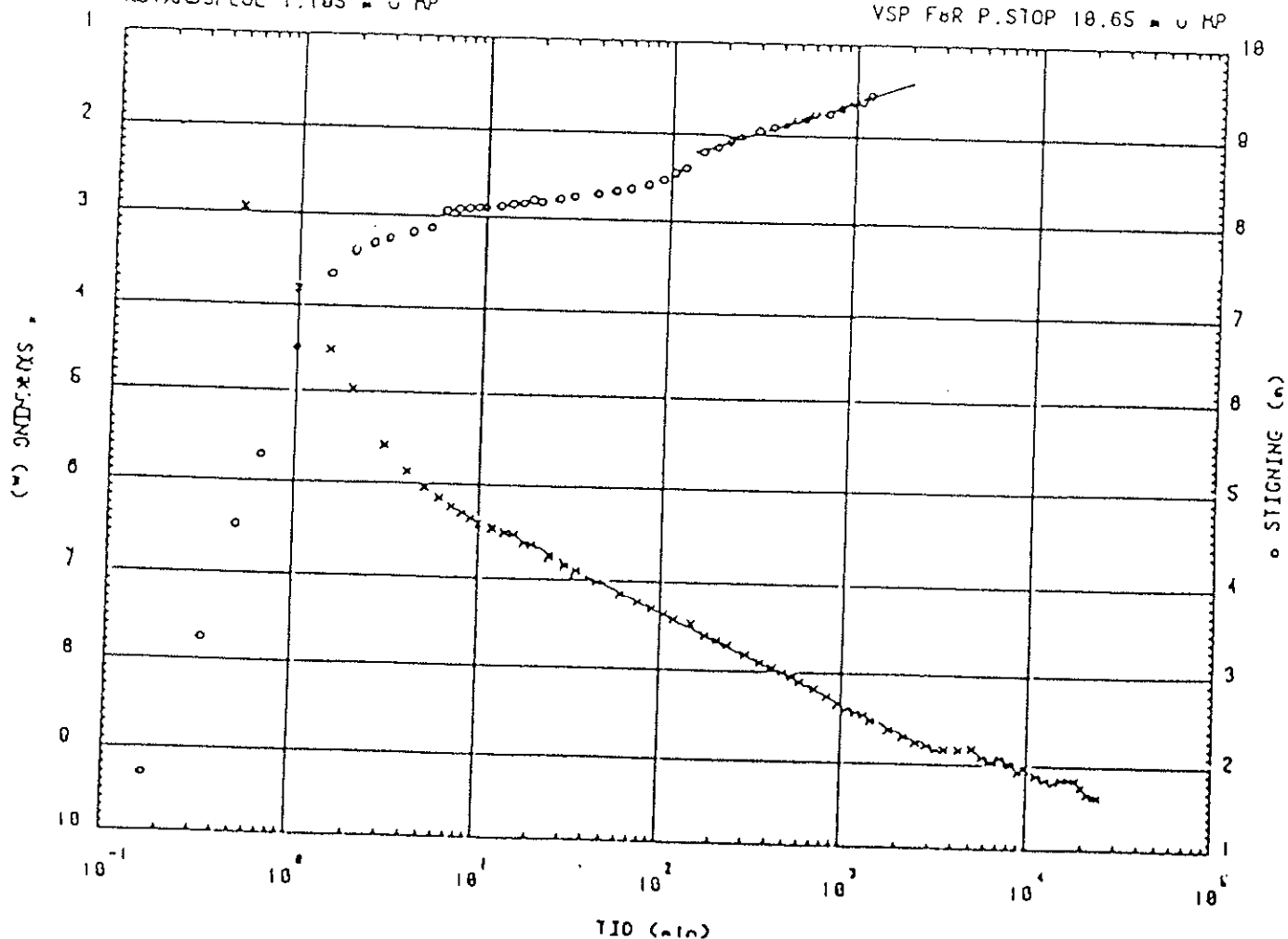
$Q_{\text{midd}} = 27 \text{ m}^3/\text{h}$



KP 8.25 = o lørrøn

ROVAKOSPEJL 1.105 = o KP

VSP FOR P.STOP 18.65 = o KP



## PRØVEPUMPNING

LAVTEMPERATURAVLØS - RISØ

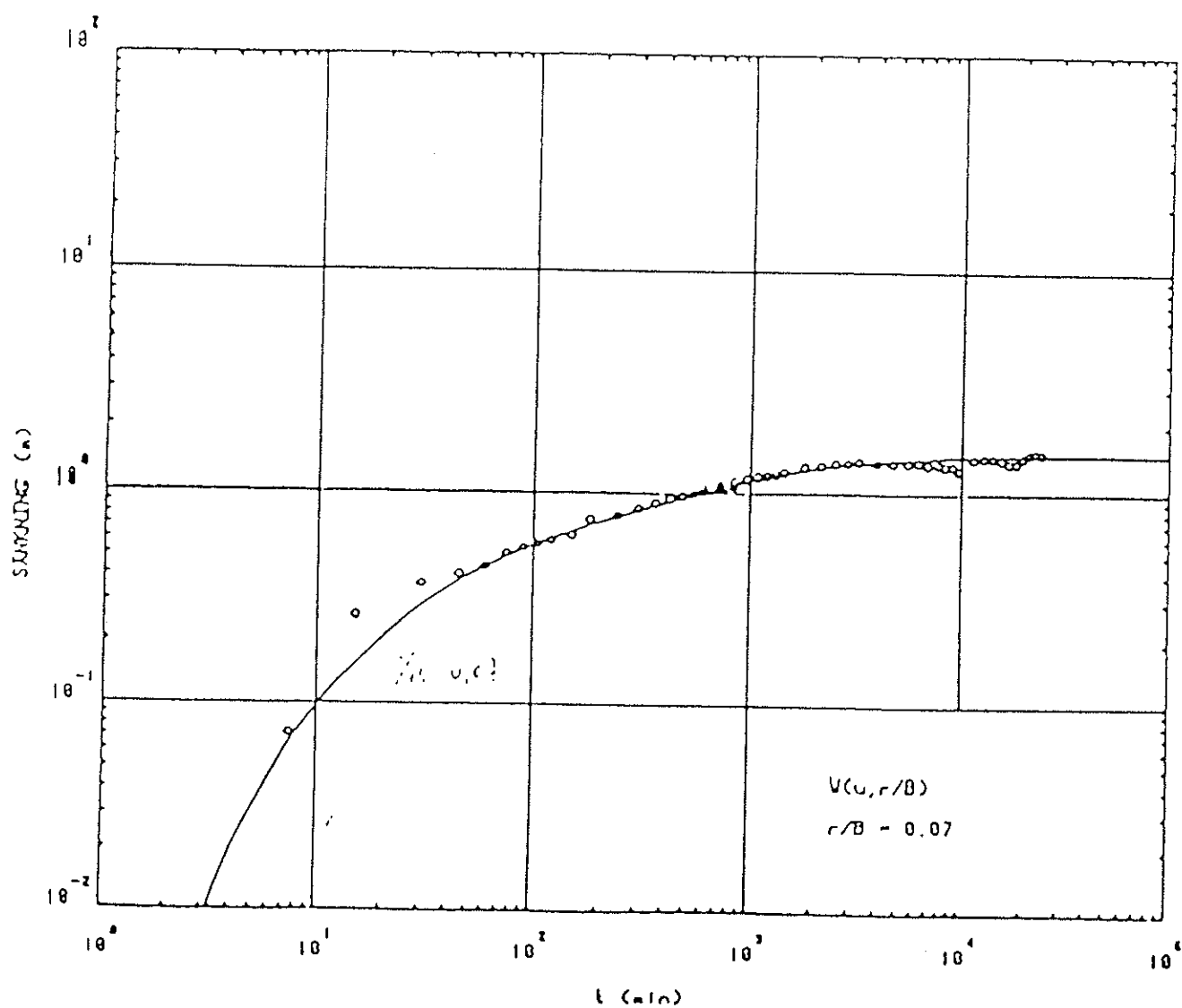
Observationsboringedato, pumpe- og DCU ark.nr. <sup>725</sup> 199.953 = ~~LT-3~~ <sup>1</sup>

Pumpestart 24.02.84 kl 13.30

Pumpestop 12.03.84 kl 11.35

Pumpekapacitet, Q = 27 m<sup>3</sup>/h

DCU ark.nr.	afstand (m)	T (m <sup>2</sup> /s)	S	S'	K'/b' (s <sup>-1</sup> )	K <sub>r</sub> /K <sub>z</sub>
199.953 = LT-1	100	0,0022	3,7E-4		1,8E-9	



## PRØVEPUMPNING

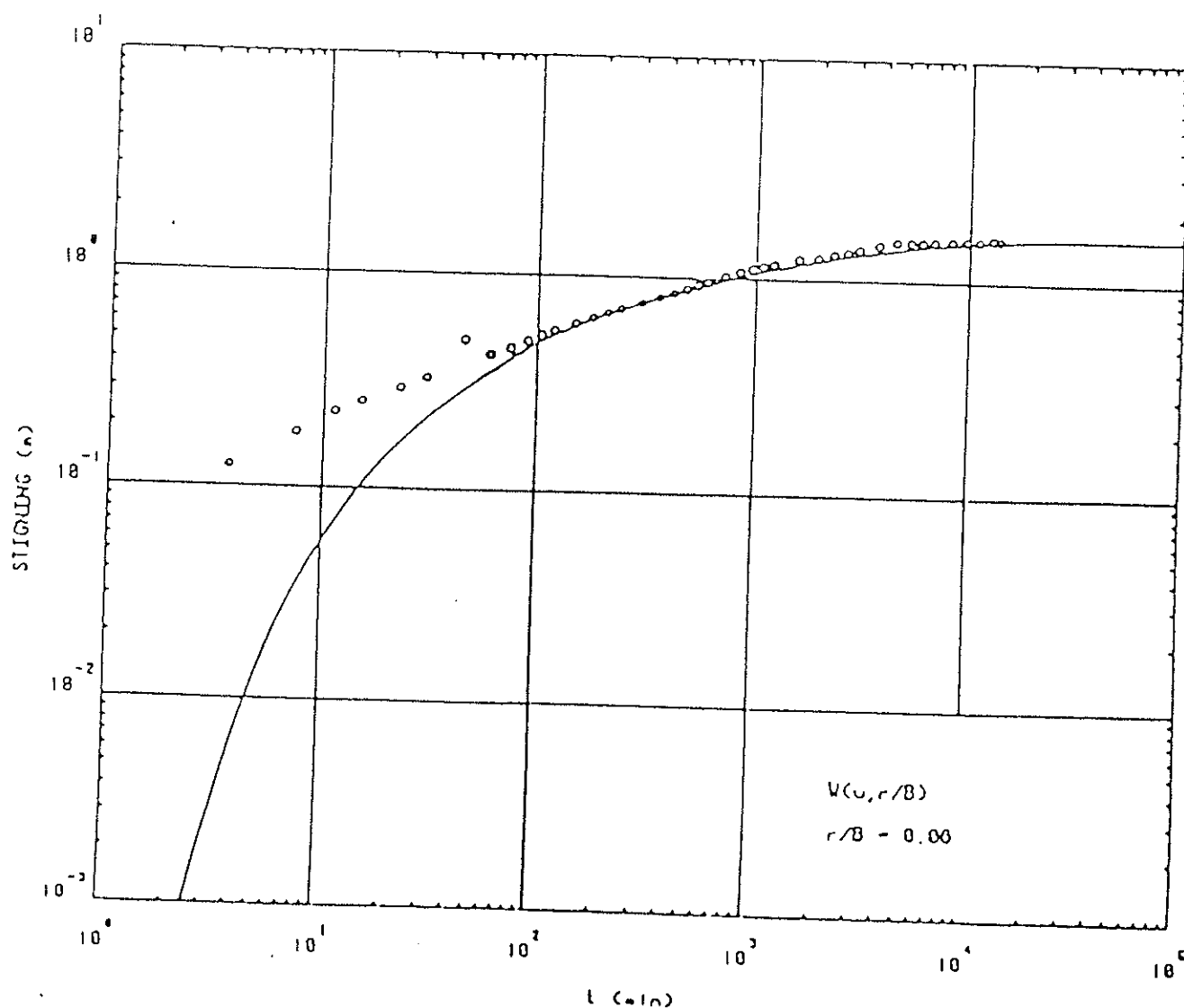
LAVTEMPERATURAKILG - RISØ

Observationer i nedløb, pumpe p. DGU ark.nr. LT-3, 199.96/

Pumpestart 24.02.84 KI 19.30 Pumpestop 12.03.84 KI 11.35

Kapacitet inden pumpestop,  $Q = 27 \text{ m}^3/\text{h}$ 

DGU ark.nr.	afeland (m)	$T (\text{m}^2/\text{s})$	$S$	$S'$	$K'/b' (s^{-1})$	$K_r/K_z$
LT-1, 199.553	108	8.0022	$5.4E-4$		$7.8E-18$	





# PRØVEPUMPNING

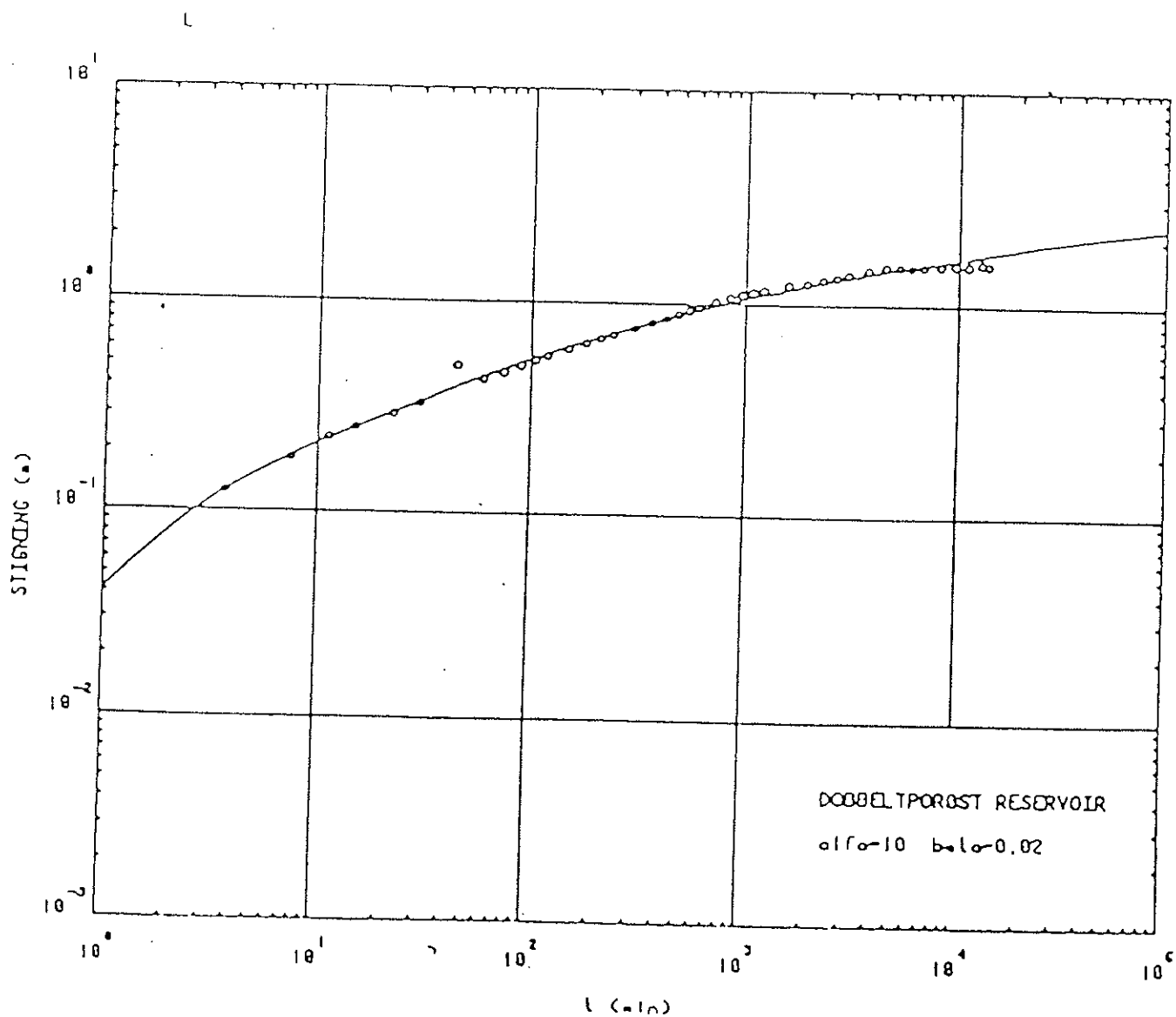
LAVTEMPERATURVÆLG - RISØ

Observationsberetning, pumpel på DQV ark.nr. LT-3 199.961

Pumpestart 24.02.84 KI 13.30 Pumpestop 12.03.84 KI 11.35

Kapacitet inden pumpestop,  $Q = 27 \text{ m}^3/\text{h}$

DQV ark.nr.	afstand (m)	T (m <sup>2</sup> /s)	S	S'	K'/b' (m-1)	K <sub>1</sub> /K <sub>2</sub>
LT-1 199.953	180	0.0022	1.0E-4			



# PRØVEPUMPNING

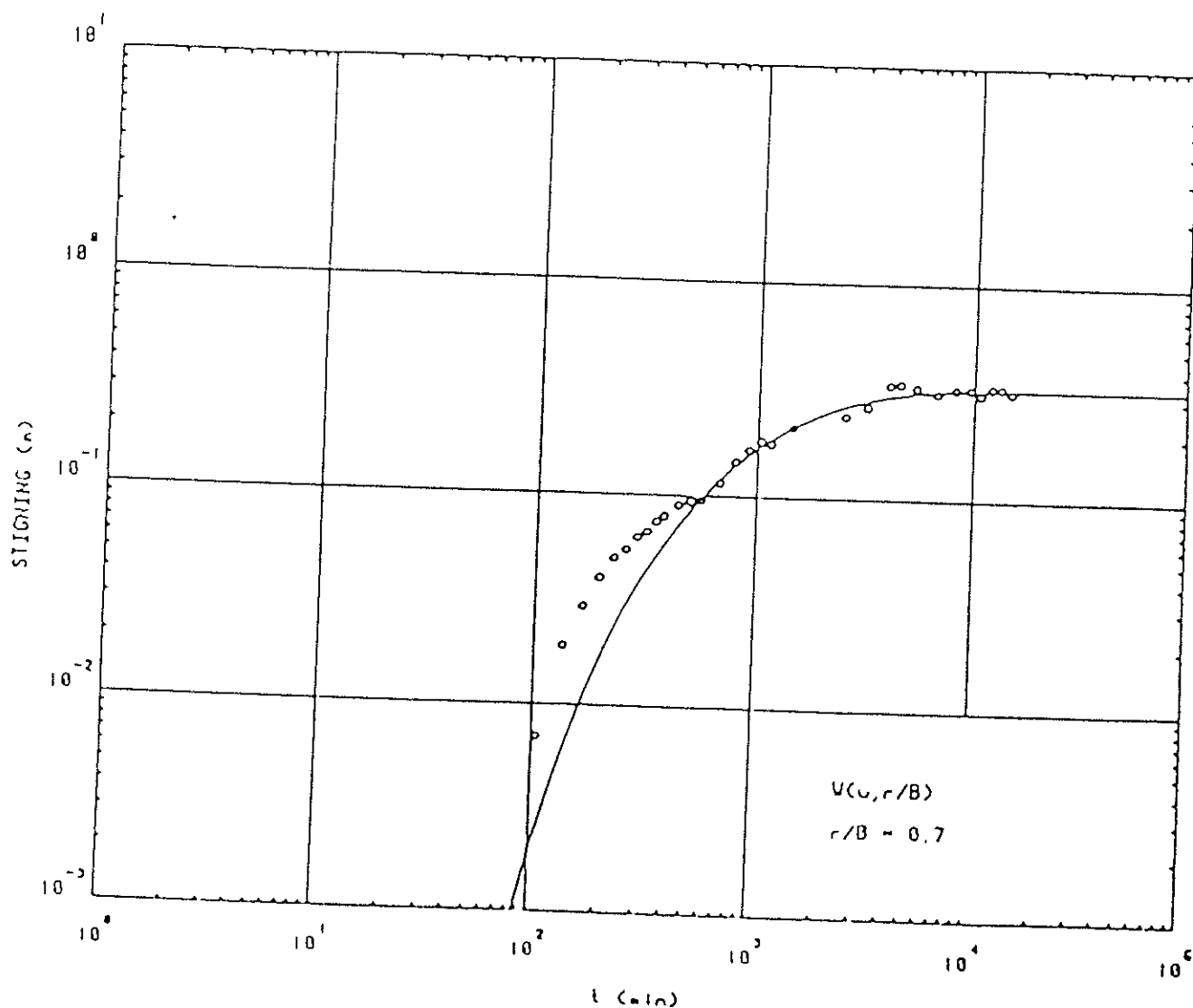
LAVTEMPERATURHLCG - RIS1

Observationeneberingdato, pumpel p) DGU ark.nr. LT-1 199.961

Pumpestart 24.02.84 KI 13.30 Pumpestop 12.03.84 KI 11.35

Kapillertiden pumpestop,  $\theta = 27 \text{ s/h}$

DGU ark.nr.	ofeland (m)	T (m <sup>2</sup> /s)	S	S'	K'/b' (s <sup>-1</sup> )	Kr/Kz
3, 199.210	000	0.0023	5.3E-4		3.1E-8	



Bilag 10.

# PRØVEPUMPNING

LAVTEMPERATURVILK - RISØ

Observationer i nedslagsfeltet, pumpet på DGU ark.nr. 15-1 199.961.

Pumpestart 24.02.84 kl 13.30

Pumpestop 12.03.84 kl 11.35

Kapacitet inden pumpestop,  $Q = 27 \text{ m}^3/\text{h}$

DGU ark.nr. afeland (a)

$T (\text{m}^2/\text{s})$

S

$S'$

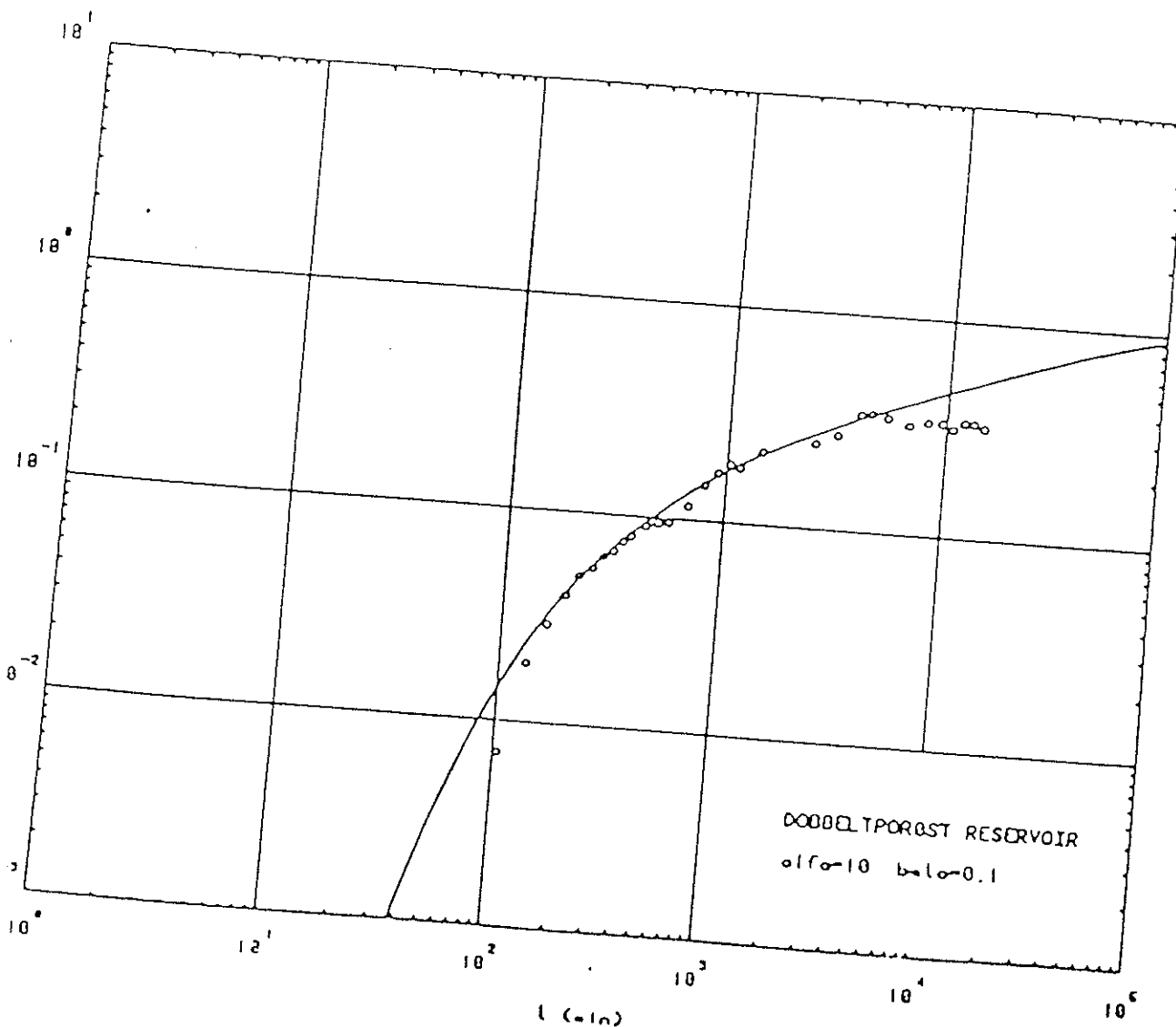
$K'/b' (a-1)$

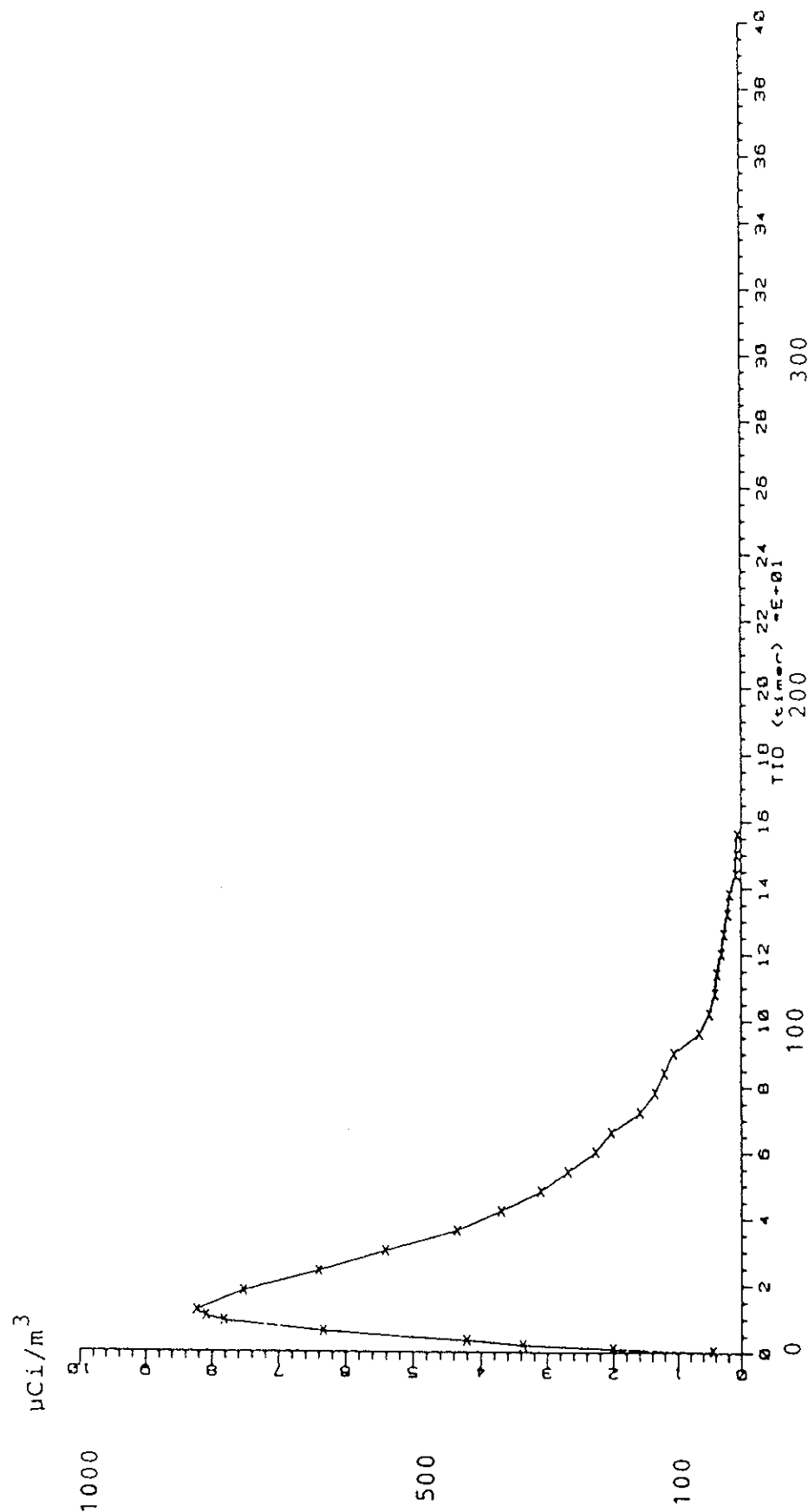
$K_r/K_z$

199.210 028


0.0025

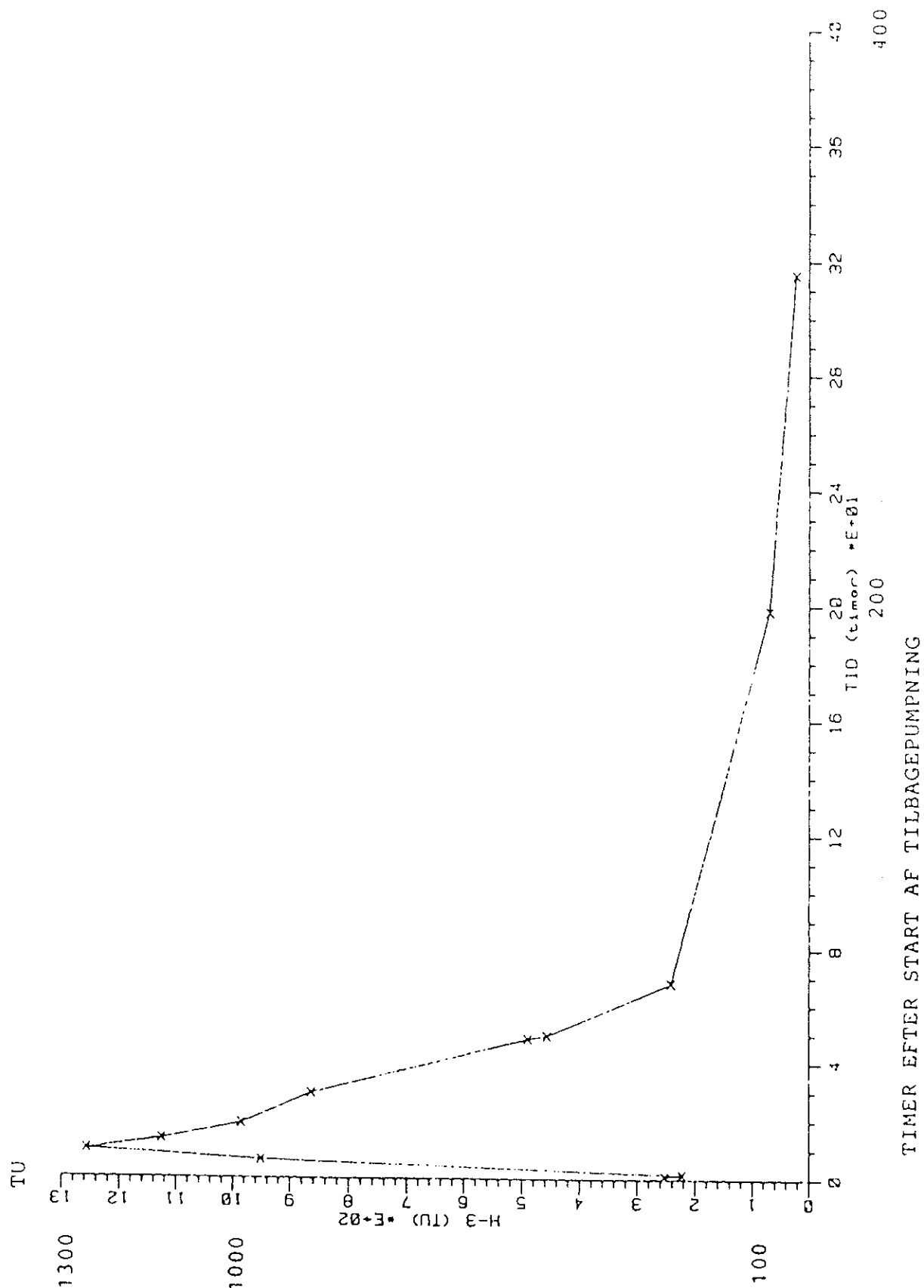
$5.3E-4$






TIMER EFTER START AF TILBAGEPUMPNING

Tegn		 <b>ISOTOPCENTRALEN</b> Skelbækgade 2, DK-1717 Kbh. V      Telf. (01) 21 41 31	Rekv.: DGU	
Gode			Sag no.: <b>366.70</b>	
Rev.				
Rev.				
Rev.				
Sporstofforsøg, RISØ 1984 Tilbagepumpning Koncentration af $^{137}\text{Cs}$		Bilag no.: <b>11</b>		



Tegn		 <b>ISOTOPCENTRALEN</b> Skelbækgade 2, DK-1717 Kbh V      Telf (01) 21 41 31	Rekv.: DGU		
Geak			Sporstofforsøg, RISØ 1984 Tilbagepumpning Koncentration af H <sub>2</sub>	Sag no.: 366.70	Bilag no.: 19
Rev					
Rev					
Rev					

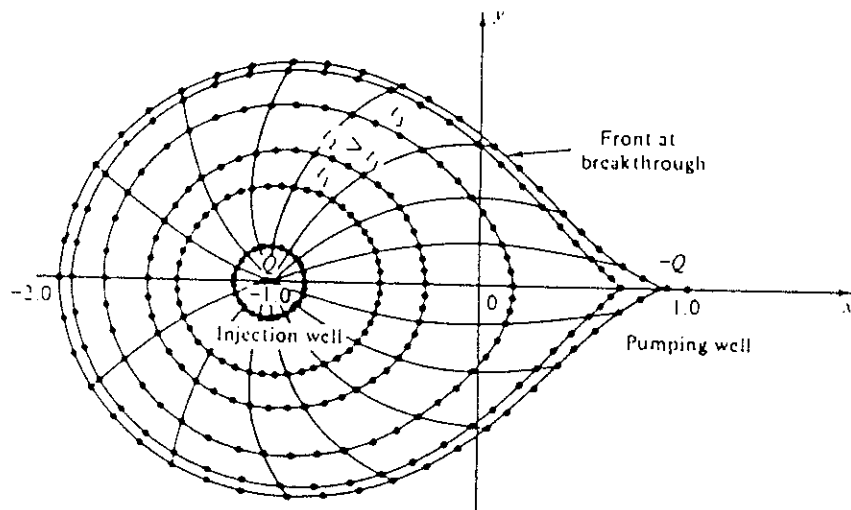


Figure 7-24 Front positions for an injection well and a pumping well of equal strength, by the graphical method

1985.09.29

UTILIZATION OF REACTOR WASTE HEAT

## 2.2 MW heat pump at use at Risø

Risø's new heat pump makes use of the cooling water from the scientific research reactor DR3, and raises its outlet temperature from 35<sup>0</sup>C to 70<sup>0</sup>C, in order that it may be used for site heating purposes.

The heat pump is financed by a contribution of 6.93 million Kr. from the Ministry of Housings energy saving budget.

The heat pump itself cost appr. 3 million Kr., the remaining amount being divided between the pipelines from the existing boiler houses to the heat pump, additional pipe networks, control systems, foundations and a protective building.

Risø's maximum heating demand is 4 to 4.5. MW but, based on economical limitations and the actual heat use over a year, output from the heat pump was fixed at 2.2 MW, which at today's prices would give a calculated saving of about 1.8 million Kr., being the difference between the oil saved and the potential increase in electricity use.

The installation functions, as seen on the diagram, where the heat pump itself consists of 3 compressors each with 16 cylinders ajustable in 7 steps and each unit driven by a 160 Kw electric motor.

The effect factor, inclusive of the motors, varies, dependant on the load factor and outlet temperature, between 4.0 and 5.7.

The total effect factor including auxiliary pumps light etc. is in average over the year 4.

One boiler is connected in such a way that it couples-in automatically when the heat pump is unable to cover the demand, or is stopped. The outlet temperature is controlled by an external thermostat and an anemometer.

There was a natural desire to maximize the heat pumps contribution, but calculations showed that it would be more profitable to initially invest in energy saving measures of more conventional nature, such as control systems, technical insulation and other technical improvements, and in such a manner reduce the demands for energy.

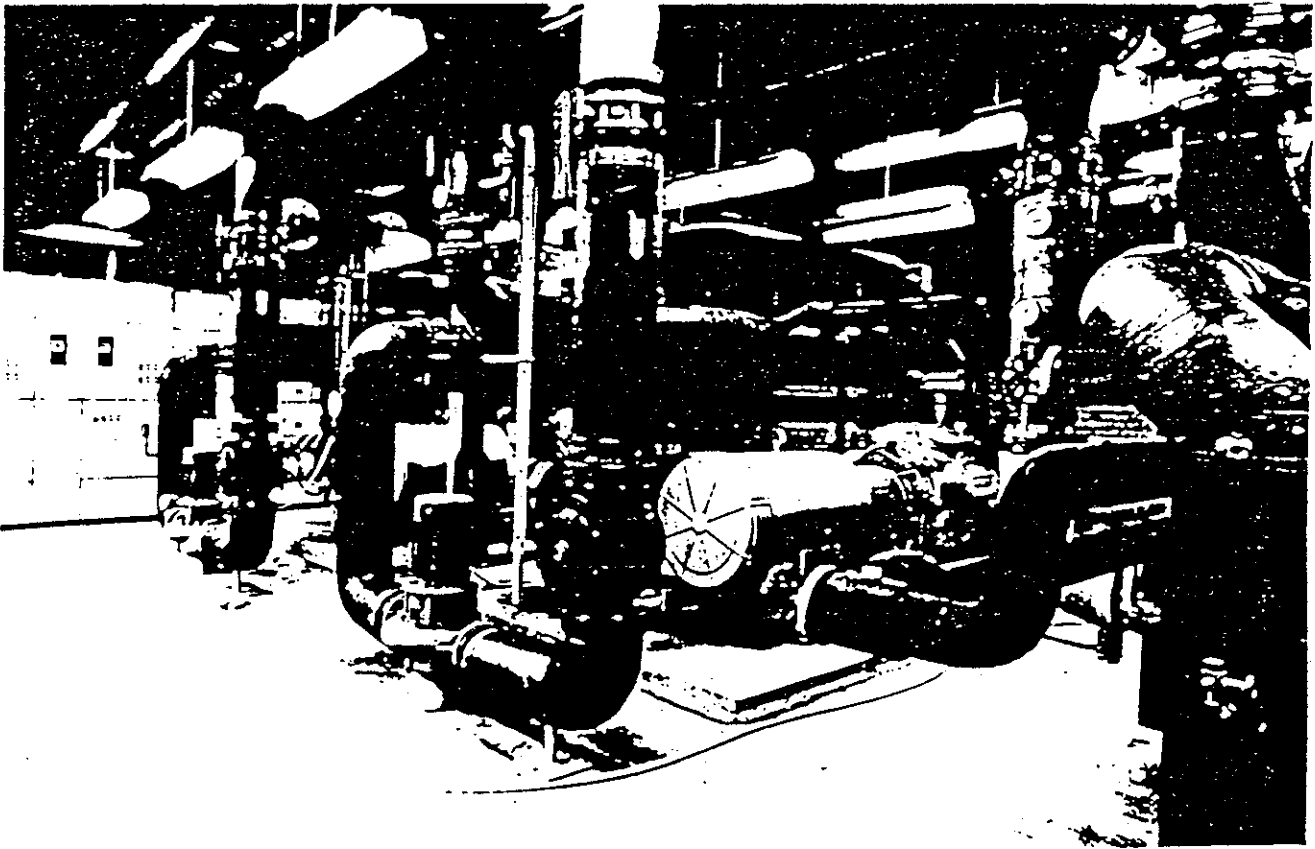
Risø's oil consumption through the 60's was in the order of 2600 tonnes per year, and currently before the heat pump was taken in use significantly reduced to ca. 1600 tons in spite of the fact that the occupied area has been progressively increased.

Additional measures are being taken which should still further reduce oil consumption equipment to appr. 12-1400 tons per year. Later calculations has shown that a further profitable investment (with a calculated repayment period of approx. 4 years) would be to install a diesel engine (in anticipation of natural gas) which would drive a generator which in turn would act as an electrical source for the heat pump, or when not required for this purpose, for Risø itself.

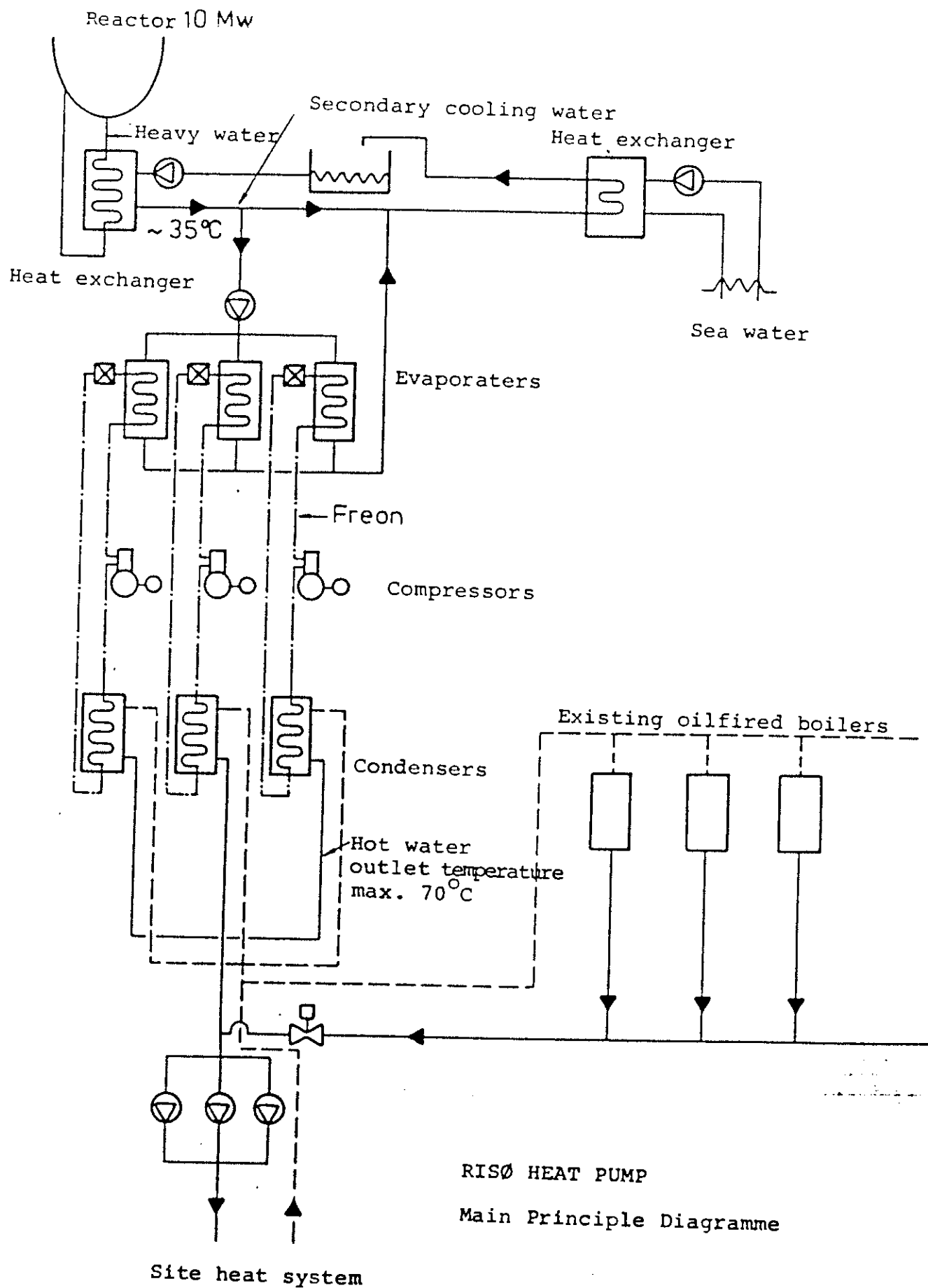
Included in the calculations is the assumption that heat produced by the diesel engine would be delivered to the warm water after the heat pump. In this way maximum use would be made of the fuel whilst increasing the heat pumps effect factor by allowing for a reduced outlet temperature.

Special danish tax rules have however made the above possibilities not interesting.





The photo shows 2 of the 3 heat pumps together with their motors, condensers and evaporators. In the background can be seen part of the control panel.



### APPENDIX 3: Varmetab fra rør i jorden.

---

Forbindelsen mellem borerne og lagervarmeveksleren vil bestå af nedgravede PEH-rør. De er uisolerede og varmetabet er derfor afhængig af både den indbyrdes afstand og læggedybden, og i det følgende vil varmetabet blive vurderet for forskellige anbringelser af rørene.

Varmemodstanden mellem grundvandet og rørvæggen er ubetydelig, men derimod har både rørvæggen og omkringliggende jord og sand, en isolerende virkning. Varmetabet kan beregnes med formler fra Reference 2, men de dækker kun tilfælde, hvor den eneste varmemodstand kommer fra jorden, eller hvor isoleringens modstand er væsentligt større end jordens (hermed kan temperaturen på rørets overflade regnes ens over hele omkredsen). I det aktuelle tilfælde kommer ca. 70% af varmemodstanden fra jorden, og i første omgang beregnes varmetabet derfor uden at tage hensyn til rørvæggen. Det følgende er hentet fra Reference 2 og viser, hvorledes varmetabet kan beregnes for et rørpar, hvor hver overflade kan karakteriseres ved en temperatur:

$$q = \frac{\Delta t_1 \times R_j - \Delta t_2 \times R_h}{R_j^2 - R_h^2} \quad (\text{W/m})$$

Indicis 1 og 2 henviser til rør 1 og rør 2.

For  $\frac{C}{D} \geq 2$  gælder:

$$R_h = \frac{1}{2\pi \lambda_j} \ln \sqrt{1 + \left(\frac{2H}{C}\right)^2} \quad (\text{m}^\circ\text{C/W})$$

$$H = h + 0,0685 \times \lambda_j \quad (\text{m})$$

For  $\frac{h}{D} \geq 1$  gælder:

$$R_j = \frac{1}{2\pi \lambda_j} \ln \frac{4H}{D} \quad (\text{m}^\circ\text{C/W})$$

$q$  : Varmetab pr. m rør (W/m)

$\Delta t$  : Temperaturforskel mellem røroverfladen og den uforstyrrede jord ( $^\circ\text{C}$ )

$R_j$  : Jordens absolutte varmemodstand ( $\text{m}^\circ\text{C/W}$ )

$R_h$  : Et mål for den gensidige varmepåvirkning mellem rørene ( $\text{m}^\circ\text{C/W}$ )

$\lambda_j$  : Jordens varmeledningsevne (W/ $\text{m}^\circ\text{C}$ )

$D$  : Rørenes udvendige diameter (m)

$h$  : læggedybde (m)

$C$  : indbyrdes afstand mellem de 2 rør (m)

Varmetabet beregnes i leveringstilfældet, hvor rør 1 til varmeveksler er  $37^\circ\text{C}$ , og rør 2 fra varmeveksler er  $25^\circ\text{C}$ . Rørenes yderdiameter er 200 mm. Ud fra Reference 3 kan varmeledningsevnen beregnes for forskellige jordtyper.

Jordtype	Varmeledningsevne, W/m °C
tørt, løst sand	0,85
mættet, løst sand	2,4
tørt, kompakt sand	1,4
mættet, kompakt sand	3,4
moræneler	1,8

Til opfyld omkring rørene vil der blive brugt sand. Uden om sandet er den oprindelige jord, men i det følgende bruges kun den varmeledningsevne der gælder for sandet. Dette antages vådmættet og for at stabilisere rørene, bør sandet formentlig være stampet. Hermed er vi endt i tilfældet med den højeste varmeledningsevne, men i forbindelse med projekteringen af rørarbejdet, kan muligheden for at ændre på opfyldningen undersøges.

Nedenstående tabel bygger på følgende temperaturdifferenser:

Naturlig jordtemperatur:	9°C
$\Delta t$ for rør 1 til varmeveksler:	37°C - 9°C = 28°C
$\Delta t$ for rør 2 fra varmeveksler:	25°C - 9°C = 16°C

Varmetabet pr. meter rør, q, for rør 1 (37°C)/rør 2 (25°C):

rørafstand læggedybde	rørafstand			
	0,4 m	0,5 m	0,6 m	0,7 m
0,4 m	222/22	215/44	212/63	213/80
0,6 m	210/10	201/30	197/47	196/63
0,8 m	200/0	190/19	185/35	182/49
1,0 m	192/-8	181/10	175/25	171/38
1,2 m	174/2	166/16	162/29	162/29

I tabellen er der ikke taget hensyn til rørenes isoleringsevne og derfor er talværdierne for store. PEH har ifølge Reference 4 en varmeledningsevne på 0,35 W/m°C og med en godstykkelse på 18 mm (tryktrin 10 bar) fås en absolut varmemodstand på 0,090 m°C/W. Varmetabet kan herefter tilnærmet beregnes af følgende formel:

$$q = \Delta t / \left( \frac{\Delta t}{q_{\text{tabel}}} + 0,090 \right) \quad (\text{W/m})$$

hvilket vil sige at der ud fra tabellen beregnes en varmemodstand fra jorden og hertil adderes rørenes modstand.

Ved udvælgelsen af lægningsgeometrien har varmetabet for det kolde rør ingen betydning da vandet ved lagring opvarmes af gratis varme. Efter tilbagelevering skal varmen i vandet ikke udnyttes.

Forholdene ved lagring bør have betydning for, hvordan rørene arrangeres. I dette tilfælde er det varme rør 38°C, mens det kolde varierer mellem 10 og 25°C. Dette gør, at det er svært at finde den løsning, som giver det mindste varmetab, men større temperaturdifferens mellem rørene vil betyde større rørafstand.

Forskellige anbringelser af rørene kan vurderes. Den afstand mellem rørenes centre, der giver det mindste varmetab, er ca. 0,6 m, men evt. vil normer, rørfabrikant eller hensyn til rørenes længdeudvidelse stille krav om en større indbyrdes afstand.

Temperaturfaldet for en rørstrækning,  $\Delta T_L$ , kan beregnes ud fra følgende formel:

$$\Delta T_L = \frac{q \times L}{m \times C}$$

$q$  = varmetab pr. meter rør (W/m)

$L$  = rørlængde (m)

$m$  = massestrøm (kg/s)

$C$  = varmekapacitet (J/kg °C) (for vand = 4180 J/kg °C)

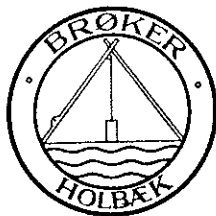
Med en rørstrækning på 500 meter og et flow på henholdsvis 90 m<sup>3</sup>/h (levering) og 60 m<sup>3</sup>/h (lagring) fås nedenstående temperaturfald afhængig af læggedybden (indbyrdes røraftand er 0,6 meter):

lægge- dybde m	varmetab pr. m (W/m)	varmetab pr. m korrigeret for rør (W/m)	temp.fald 90 m <sup>3</sup> /h (°C)	temp.fald 60 m <sup>3</sup> /h (°C)
0,6	197	120	0,57	0,84
0,8	185	116	0,56	0,82
1,0	175	112	0,54	0,79
1,2	162	106	0,51	0,75

Ovennævnte temperaturfald er baseret på varmetabstabelen, der er udregnet for vand ved 37°C.

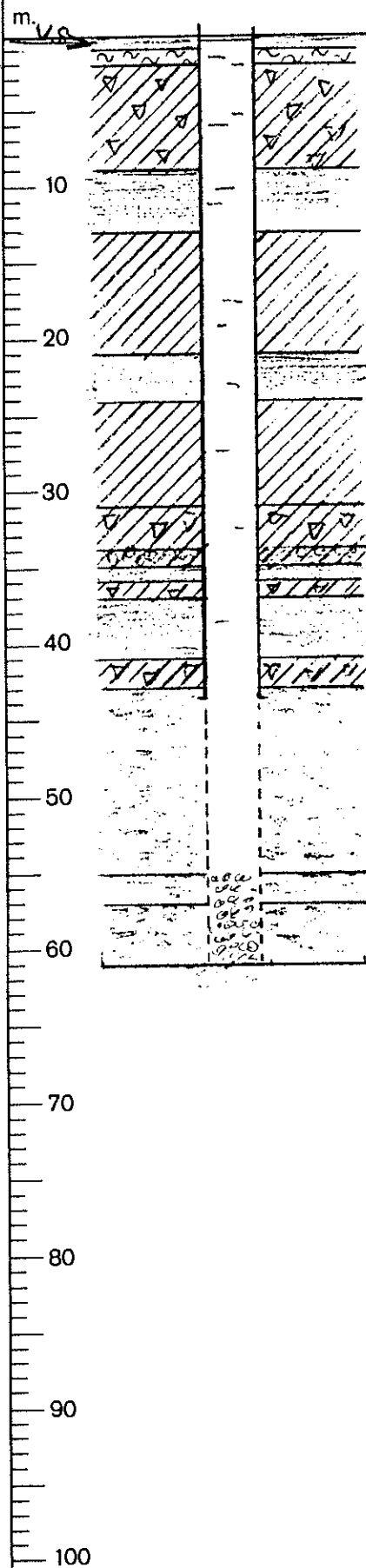
Læggedybden vælges ud fra tabellen til 1,0 m.

Temperaturfaldet på en rørstrækning på 500 m vil således være 0,5 °C ved levering og 0,8 °C ved lagring.



# BOREJOURNAL

Risø Forsøgsstation, boring nr.1 beliggende  
200 m N for Centralvej og 100 m V for Tværvej 8



Terrænkote ca. 2 m.

Jordlag fra 0 m.

- til 1 m sand
- 2 - mosedynd
  - 9 - moræneler
  - 13 - flyd
  - 21 - stenfrit ler
  - 24 - flyd
  - 31 - stenfrit ler
  - 34 - moræneler med sten
  - 35 - stenlag
  - 36 - flyd
  - 37 - moræneler stenet
  - 41 - flyd
  - 43 - moræneler stenet
  - 55 - fast hvid kalk
  - 57 - blød kalk
  - 61 - fast kalk med flint.

8" stålør til 43,7 m.u.t.

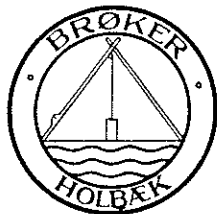
Vandstand 0,3 m.u.t.

20 m<sup>3</sup>/time ved 5,85 m sækning efter 10 døgns  
pumpning.

Holbæk, den 8-1-84

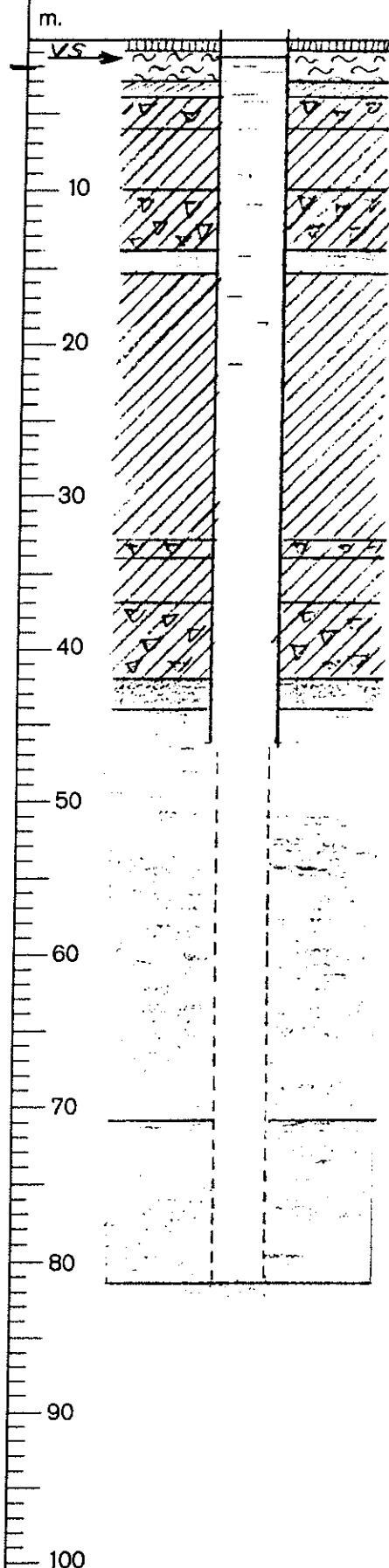
*H. Brøker*





# BOREJOURNAL

Risø Forsøgsstation, boring nr.2 beliggende  
100 m vest for boring nr.1.



Terrænkote ca. 2 m.

Jordlag fra 0 m.

- til 1 m opfyld
- 3 - dynd
- 4 - mosejord
- 6 - moræneler med sten
- 10 - kalkholdigt ler
- 14 - fast moræneler med sten
- 15,5- flyd
- 33 - diluvialt ler
- 34 - moræneler med sten
- 37 - diluvialt ler
- 42 - moræneler med sten
- 44 - store sten med grus
- 71 - fast kalk med flint
- 81,5- blødere og lysere kalk med flint.

Boringen er udført som 10"tørboring til 50 m  
under terræn.

Boringen er udført som 8"rotationsboring til  
81,5 m.u.t.

273 mm stålrør til 46,0 m.u.t.

Vandstand i ro 1,35 m.u.t.

11 m<sup>3</sup>/time ved 0,65 m sækning.

Holbæk, den 18-2-84

*A. Brøker*

# ALFA-LAVAL ZETA

Forskningscenter RISØ  
Postboks 49  
4000 Roskilde

-----  
Att.: Hr. ingeniør Søren Jensen

Deres ref.

Deres Ltr.

Vor ref.

København

JWP/KS  
IAT-87-0209/1

5.5.1987

Ang.: Pladevarmeveksler i forbindelse med varmelagring  
i aquiferer

Med henvisning til Deres aftale med vor ingeniør J. Worm Pedersen har vi hermed fornøjelsen at fremsende resultater af vore nye beregninger.

## OPVARMNINGSOPGAVEN

16,6 kg/s grundvand fra 10°C til 38°C ved hjælp af  
50,0 kg/s cirkulationsvand fra 40°C til 30,6°C.

## KØLEOPGAVEN

25,0 kg/s grundvand fra 35°C til 24,7°C ved hjælp af  
50,0 kg/s cirkulationsvand fra 23,7°C til 23,7°C.

Vores beregninger viser, at køleopgaven bliver dimensionerende og vi foreslår følgende:

1 stk. ALFA-LAVAL pladevarmeveksler, type A 15-BFM

Udført i henhold til vedlagte dimensionsblad 32295-1036.

Effekt ved køling: 1,09 MW.  
Effekt ved opvarmning: 2,035 MW.

Tryktab primærsiden ved køling: 2,8 mVs.  
" opvarmning: 1,3 mVs.  
" sekundærsiden køling/opvarmning: 9,9 mVs.

-2-



-2-

JWP/KS  
IAT-87-0209/1

Plademateriale: AISI 316.  
Pakninger: Nitrilgummi.  
Tilslutninger: AISI 316<sub>2</sub> - Ø 150 Tn 10.  
Max. driftstryk: 10 kg/cm<sup>2</sup>.

Budgetpris:..... Kr. 65.000,-

Leveringstid: ca. 8 uger.

Idet vi håber, ovenstående er i overensstemmelse med Deres ønsker, er vi iøvrigt meget gerne til disposition med alle yderligere oplysninger, De måtte ønske.

Med venlig hilsen  
ALFA-LAVAL ZETA A/S

*J. Worm Pedersen*  
J. Worm Pedersen

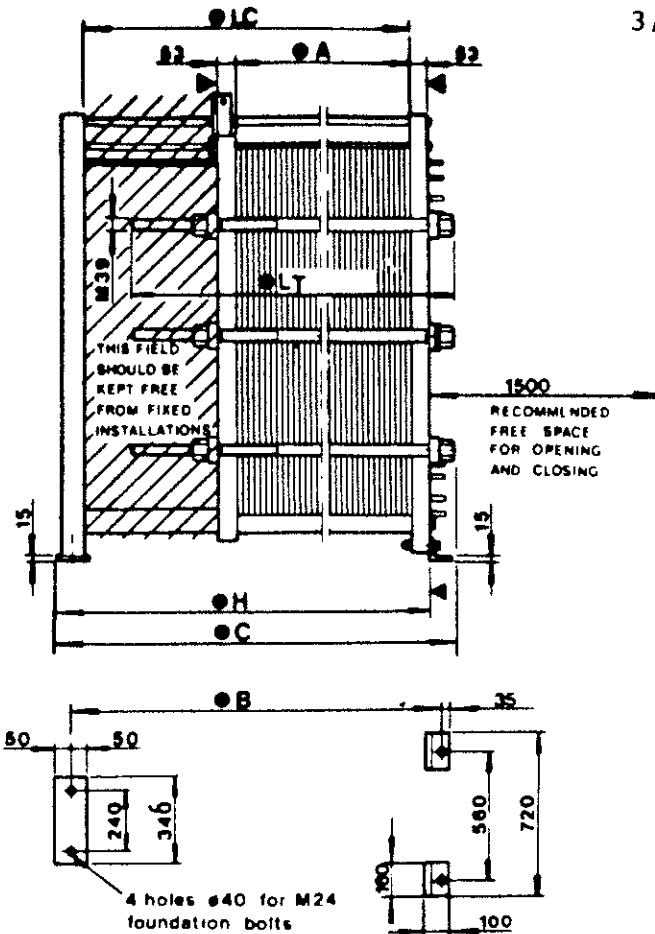
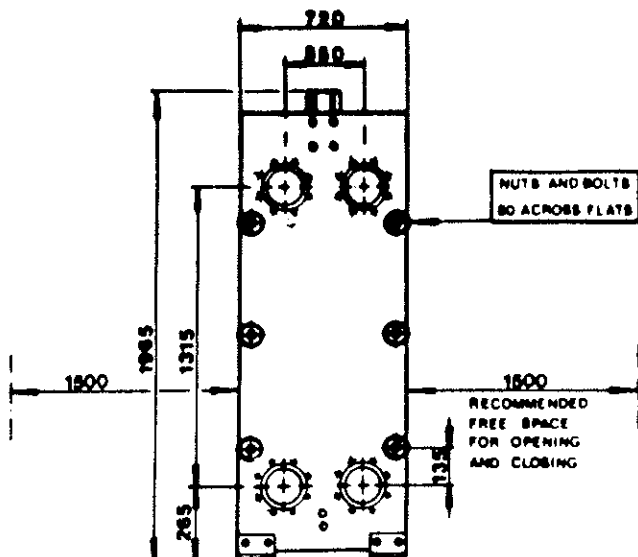
Bilag

NOTE: PLATES WITH GASKETS TURNED AGAINST THE FRAME PLATE.

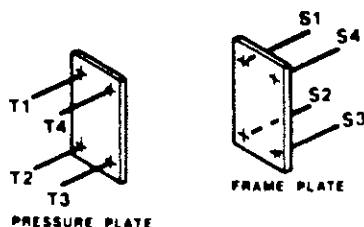
Bilag 3

● SIGNIFIES THE OUTER FACE OF THE FRAME/PRESSURE PLATE

3/3



### CONNECTION LOCATIONS



LOCATION	MEDIA	CONN. TYPE
S1	Cirk.vand ind	2
S2	" ud	2
S3	Grundvand ind	2
S4	" ud	2

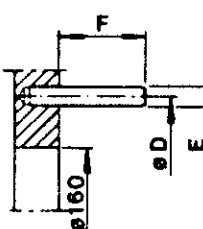
● WHEN THIS DRAWING IS USED AS DESIGN DRAWING, PLEASE FIND DIMENSIONS ON DATA PRINT  
ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS

Forskningscenter RISØ.

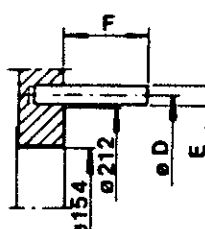
### CONNECTION TYPES

#### IN FRAME PLATE

##### 1. Unlined connection

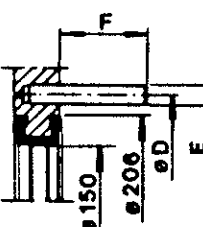


##### 2. Sheet lining

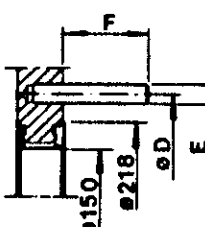


#### IN PRESSURE PLATE

##### 3. Rubber spool



##### 4. Metal lining



STANDARD	D	E	F
DIN 2501 PN10	240	M20	65
ANSI 150	241	3/4" UNC	77

QUOTATION NO.		
ORDER NO. IAT-87-0209/1		
ITEM NO.		
CALCULATION NO.		
PREPARED JWP	CHECKED	APPROVED

**A15-BFM**

**ALFA-LAVAL**

TSU	DATE 8406
32295-1036	REV NO.1

Bilag 4

Oversigt over  
rørmaterialer

Materiale	Tryktrin	Dimension (mm)	Samling	Pris/m Kr.	Bemærkninger
PEH	6	200	Svejses	147	Ikke egnet til varmt vand, koldskøbe.
PEH	10	200	Svejses	242	
PVC-isoleret		160	Samling 68 Kr.	444	
PVC	6	160	Samlemuffe	53	
PVC	6	200	Samlemuffe	75	
PEM	6	200	Svejses	126	
Løgstør-rør, isoleret		168	Samling 267 Kr.	297	
I.C. Møller, fjern- varmerør		200	Samling	480	

## Bilag 5

Udsendt af Statens Byggeforskningsinstitut 1968

Beskrivelse Teknisk Forlag, Sørensgade 6, 1257 København V. Tel. 2011 21 00 91. Guld 204 90

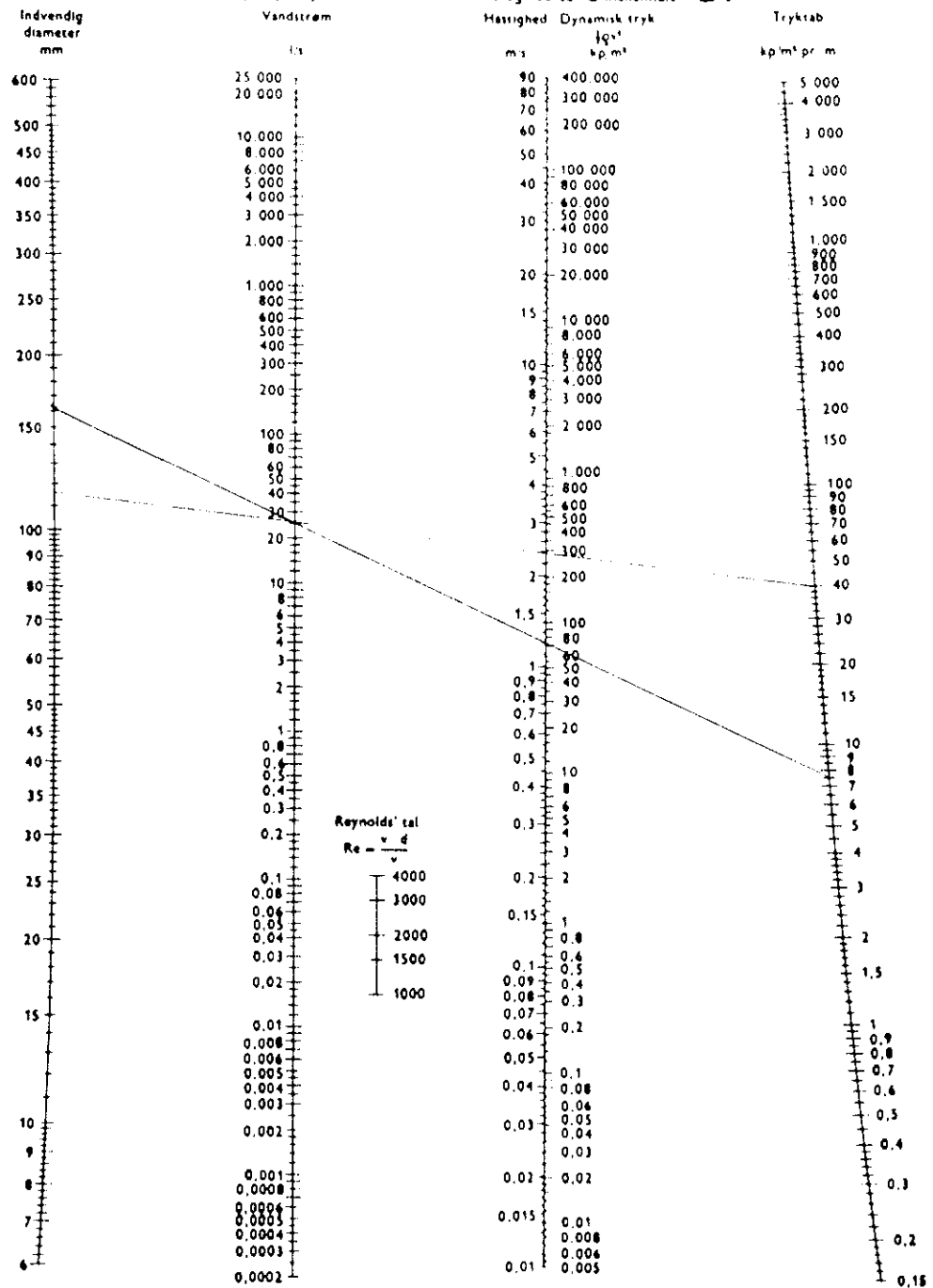
SBI-nomogram 11

Tryktab for plastrør

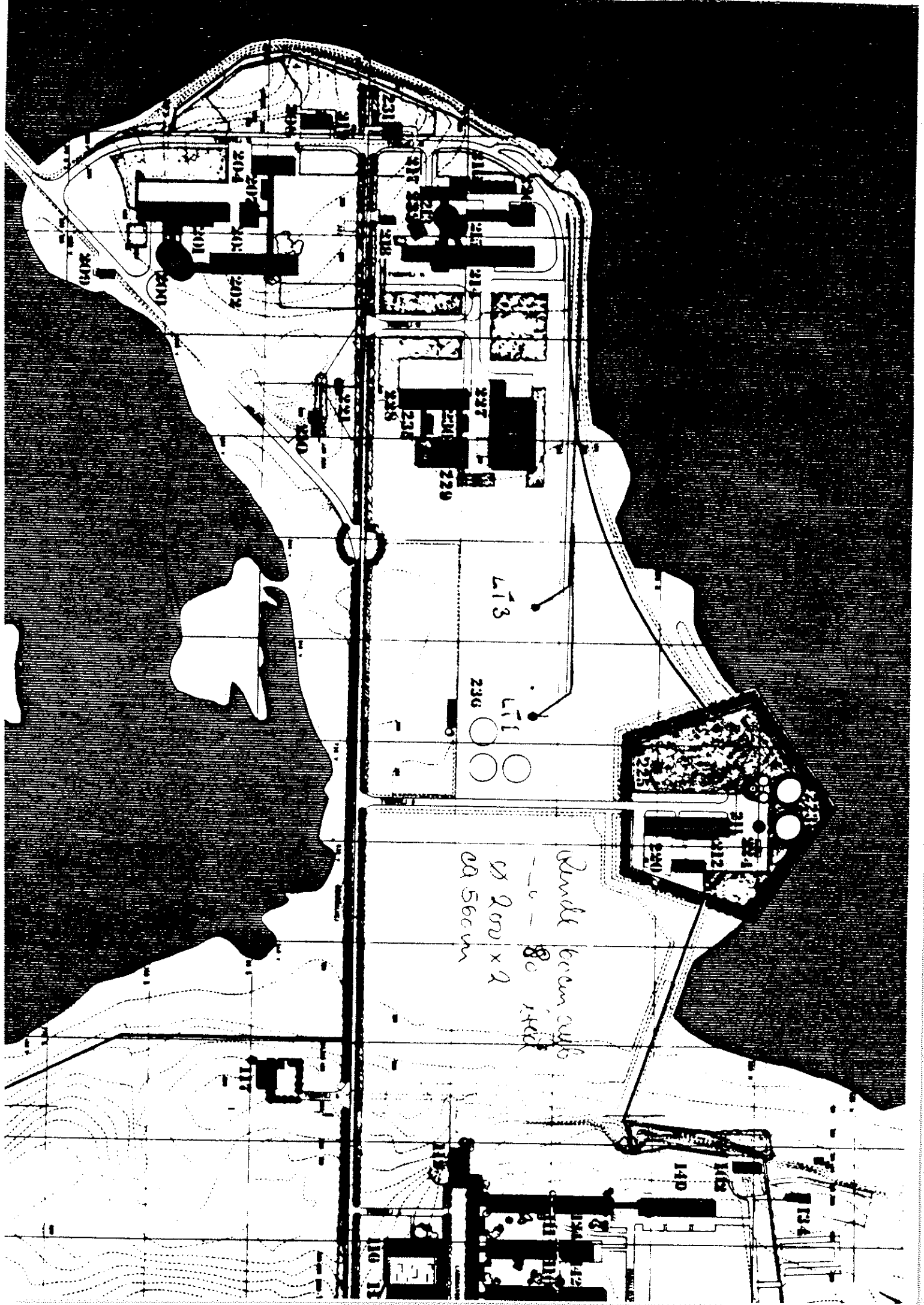
Vand 10°C

**Anvendelse:** Rørledninger af plast, hvor der ikke forventes afsætning. Nomogrammet er baseret på målinger udført på PVC- og PE-rør. Det bemærkes, at den indvendige røroverflades ruhed - og dermed tryktabet - kan variere noget med fremstillingsprocessen og plastmaterialet.

**Temperaturområde:** Ved 0 °C er fejlen på tryktabet maksimalt +10 %, og ved 55 °C maksimalt -25 %.



Tryktabsnomogram for plastrør.





# GRUNDFOS

## SP 75

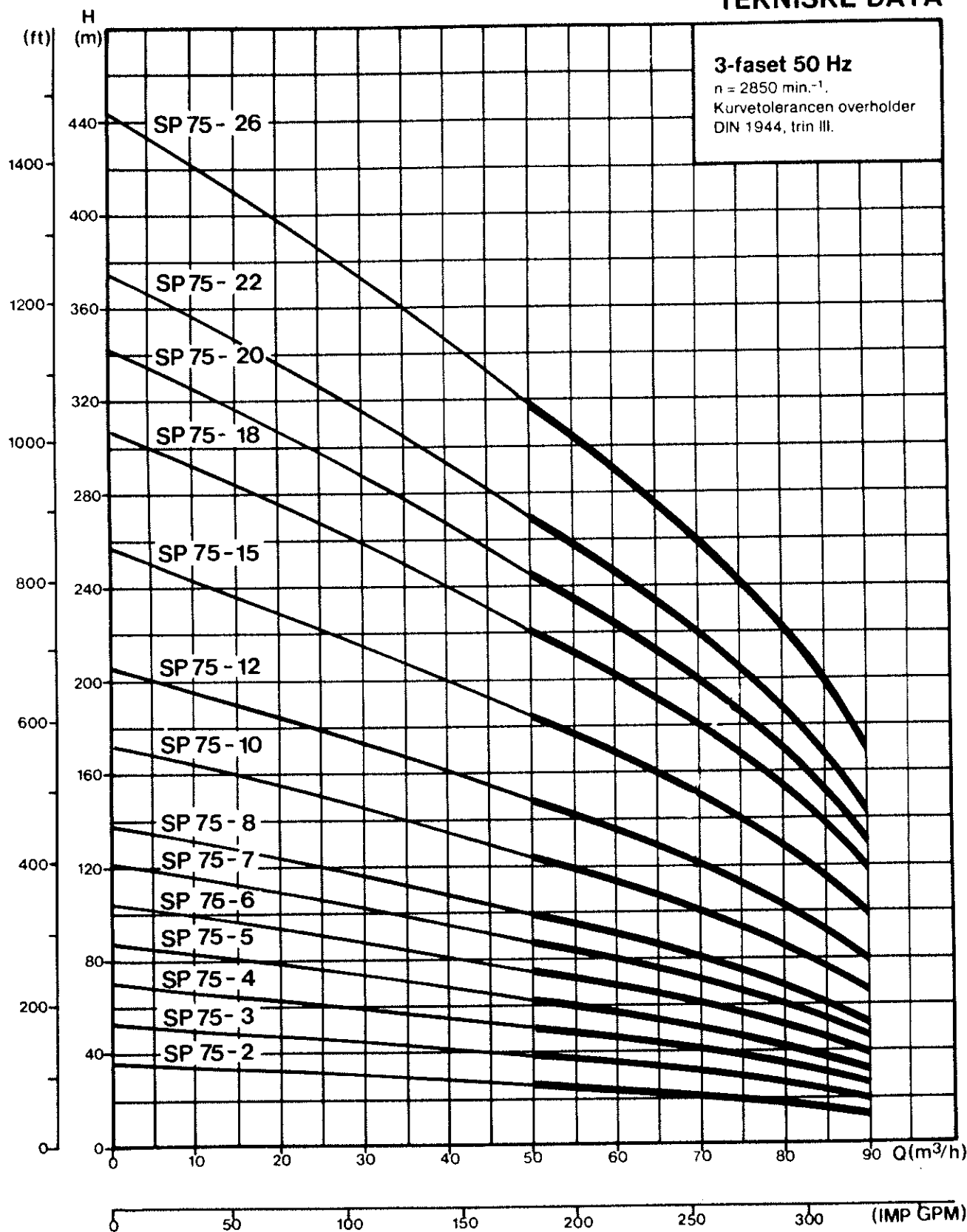
DK

DYKPUMPE

50 Hz

### TEKNISKE DATA

**3-faset 50 Hz**  
 $n = 2850 \text{ min.}^{-1}$   
 Kurvetolerancen overholder  
 DIN 1944, trin III.

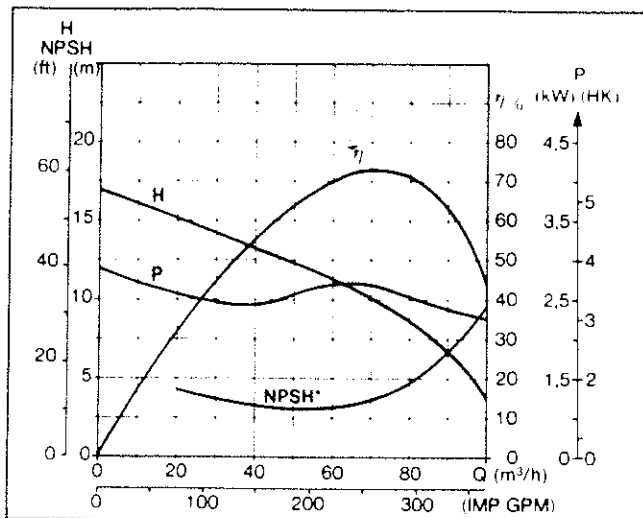


SP 75 kapacitetsområde: 50-90 m³/h (183-330 IMP GPM).

GRUNDFOS dykpumper leveres for kapaciteter fra 0,1-160 m³/h.



## YDELSE PR. TRIN



\* NPSH-kurven er bestemt ved 1% nedgang i ydelser (H).

## GRUNDFOS dykpumpe

SP 75 er en flertrins centrifugalpumpe fremstillet af rustfrit stål, direkte koblet til en dykmotor under pumpen.

## Rustfrit stål anvendes til:

Aksel, løbehjul, klembøsning, motrik, mellemkammer, ventilhus, ventilkegle, indløbsdel, si, spændebånd, kobling, kabelbeskytter, spædesnegl.

## Naturgummi anvendes til:

Tætningsringe, lejer, ventilsæde.

## Messing anvendes til: Øvre leje.

I standardudførelse, SP 75, anvendes rustfrit stål DIN W.-Nr. 1.4301.

I materialevariant, SP 75-N, anvendes rustfrit stål DIN W.-Nr. 1.4401 (inkl. øvre leje).

## GRUNDFOS dykmotor

(se også principbeskrivelse i SP prospekt):

## 6" motor (D = 140 mm):

Kortslutningsmotor af spalterørstypen.

Vandsmurte lejer. Radiallejer og aksiallejer af rustfrit stål/kul. Dobbelt gummiakselstætning. Endestykker af støbejern.

## 8" motor (D = 191 mm):

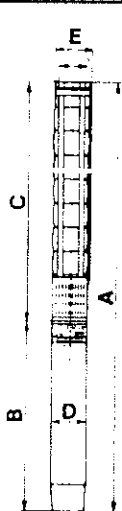
Kortslutningsmotor af typen »vandtæt« (våd motor med vandtætte viklinger). Vandsmurte lejer. Radiallejer og aksiallejer af rustfrit stål/kul. Dobbelt gummiakselstætning. Endestykker af støbejern.

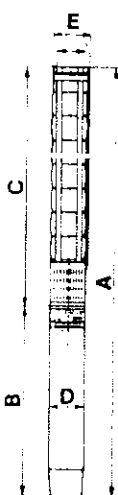
## ELEKTRISKE DATA

PUMPE- TYPE		MOTOR		MAX. DRIFTSSTRØM (A)			FULDLASTSTRØM I <sub>1/1</sub> (A)			COS $\varphi$ (fuldlast)			$\frac{I_{start}}{I_{1/1}}$		
				3x220 V	3x380 V	3x415 V	3x220 V	3x380 V	3x415 V	3x220 V	3x380 V	3x415 V	3x220 V	3x380 V	3x415 V
6" MOTOR	SP 75- 2	5,5	7,5	20,5	12,0	12,5	21,5	12,8	13,0	0,85	0,85	0,76	5,4	5,2	5,6
	SP 75- 3	11,0	15,0	31,5	18,6	20,5	41	24,5	25,0	0,87	0,86	0,78	6,3	6,0	6,4
	SP 75- 4	11,0	15,0	38,5	22,0	24,0	41	24,5	25,0	0,87	0,86	0,78	6,3	6,0	6,4
	SP 75- 5	15,0	20,0	50	30,0	31,0	56	32,5	34	0,85	0,85	0,76	5,9	5,8	6,1
	SP 75- 6	18,5	25,0	58	34,0	36,0	67	39,5	40	0,87	0,87	0,80	5,9	5,7	6,1
	SP 75- 7	22,0	30,0	67	40	41	80	48	47	0,88	0,87	0,81	5,7	5,4	6,0
	SP 75- 8	22,0	30,0	74	44	45	80	48	47	0,88	0,87	0,81	5,7	5,4	6,0
8" MOTOR	SP 75-10	30	40	-	56	57	-	64	62	-	0,86	0,82	-	5,3	6,0
	SP 75-12	37	50	-	67	68	-	78	76	-	0,88	0,82	-	4,9	5,5
	SP 75-15	45	60	-	81	83	-	94	93	-	0,87	0,82	-	5,2	5,7
	SP 75-18	55	75	-	96	97	-	113	110	-	0,88	0,83	-	5,2	5,8
	SP 75-20	55	75	-	107	108	-	113	110	-	0,88	0,83	-	5,2	5,8
	SP 75-22	75	100	-	118	119	-	154	149	-	0,88	0,88	-	4,7	5,3
	SP 75-26	75	100	-	136	135	-	154	149	-	0,88	0,88	-	4,7	5,3

De elektriske data gælder for SP dykpumper monteret med GRUNDFOS dykmotorer. Ved evt. anvendelse af andet motorfabrikat kan el-data kun anvendes som rettesnor. Se motorens type-skilt. Udførelser for anden spænding eller frekvens leveres efter tilbud.

## MÅL OG VÆGT

PUMPE- TYPE		DIMENSIONER mm					VÆGT kg		SHIPP. VOL. m <sup>3</sup>	
		A	B	C	D	E*	Netto	Brutto		
6" MOTOR	SP 75- 2	1205	630	575	140	177	78	91	0,08	
	SP 75- 3	1445	760	685	140	177	97	105	0,09	
	SP 75- 4	1555	760	795	140	177	100	116	0,10	
	SP 75- 5	1755	850	905	140	177	113	140	0,10	
	SP 75- 6	1935	920	1015	140	177	120	147	0,12	
	SP 75- 7	2095	970	1125	140	177	128	154	0,12	
	SP 75- 8	2205	970	1232	140	177	131	161	0,15	
8" MOTOR	SP 75-10	2585	1120	1465	191	191	213	233	0,24	
	SP 75-12	2865	1180	1685	191	191	229	252	0,26	
	SP 75-15	3265	1250	2015	191	191	250	295	0,28	
	SP 75-18	3712	1350	2362	191	191	276	305	0,49	
	SP 75-20	4062	1480	2582	191	191	356	388	0,55	
	SP 75-22	4282	1480	2802	191	191	360	396	0,55	
	SP 75-26	4722	1480	3242	191	191	375	415	0,62	



Min. boringsdiameter:  
8" (200 mm).

Tilslutning til stigerør: 5" RG.

4" RG eller 5" flange på forespørgsel.

Max. vandtemperatur:  
35°C.

\*E = Max. diameter af pumpe inkl. kabelbeskytter og motor.  
Ved pumpe med 5" flange E = 220 mm.

Ret til ændringer forbeholdes.



BRUTTOPRISLISTE 1. juni 1980  
Vejledende salgspriser incl. emballage  
(tages ikke retur) excl. moms.  
Ret til prisændringer forbeholdes.



## DYKPUMPER TYPE SP/SP N

3x380 V - 50 Hz

M	Type	Best. nr.	Pris kr.	M	Type	Best. nr.	Pris kr.	kW	HK	Min. indv. boring	Tilslutning
SP 27				SP 27 N							
SP 27- 2		13.70 11 02	6.910,-	SP 27- 2 N		13.62 11 02	8.985,-	1,5	2,0	152 mm	3" RG
SP 27- 3		13.70 11 03	9.235,-	SP 27- 3 N		13.62 11 03	12.005,-	2,2	3,0		
SP 27- 5		13.70 11 05	11.490,-	SP 27- 5 N		13.62 11 05	14.950,-	3,7	5,0		
SP 27- 7		13.19 11 07	17.260,-	SP 27- 7 N		13.18 11 07	22.145,-	5,5	7,5		
SP 27- 9		13.19 11 09	20.335,-	SP 27- 9 N		13.18 11 09	26.090,-	7,5	10,0		
SP 27-11		13.19 11 11	23.090,-	SP 27-11 N		13.18 11 11	29.640,-	11,0	15,0		
SP 27-14		13.19 11 14	25.255,-	SP 27-14 N		13.18 11 14	32.405,-	11,0	15,0		
SP 27-16		13.19 11 16	28.900,-	SP 27-16 N		13.18 11 16	37.085,-	15,0	20,0		
SP 27-19		13.19 11 19	30.750,-	SP 27-19 N		13.18 11 19	39.500,-	15,0	20,0		
SP 27-23		13.19 11 23	33.585,-	SP 27-23 N		13.18 11 23	43.560,-	18,5	25,0		
SP 27-28		13.19 11 28	38.290,-	SP 27-28 N		13.18 11 28	50.120,-	22,0	30,0		
SP 45				SP 45 N							
SP 45- 2		15.70 11 02	9.655,-	SP 45- 2 N		15.62 11 02	12.560,-	2,2	3,0	Se data-blad	4" RG
SP 45- 3		15.70 11 03	12.355,-	SP 45- 3 N		15.62 11 03	16.060,-	3,7	5,0		
SP 45- 4		15.19 11 04	15.270,-	SP 45- 4 N		15.18 11 04	20.760,-	5,5	7,5		
SP 45- 6		15.19 11 06	18.530,-	SP 45- 6 N		15.18 11 06	23.760,-	7,5	10,0		
SP 45- 9		15.19 11 09	22.260,-	SP 45- 9 N		15.18 11 09	28.555,-	11,0	15,0		
SP 45-12		15.19 11 12	26.575,-	SP 45-12 N		15.18 11 12	34.095,-	15,0	20,0		
SP 45-15		15.19 11 15	31.980,-	SP 45-15 N		15.18 11 15	41.030,-	18,5	25,0		
SP 45-18		15.19 11 18	35.530,-	SP 45-18 N		15.18 11 18	45.585,-	22,0	30,0		
SP 45-21		15.19 11 21	62.460,-	SP 45-21 N			Tilbud	30,0	40,0		
SP 45-25		15.19 11 25	68.335,-	SP 45-25 N			Tilbud	30,0	40,0		
SP 45-31		15.19 11 31	75.155,-	SP 45-31 N			Tilbud	37,0	50,0		
SP 75				SP 75 N							
SP 75- 2		16.19 11 02	17.210,-	SP 75- 2 N		16.18 11 02	22.080,-	5,5	7,5	200 mm	5" RG
SP 75- 3		16.19 11 03	20.675,-	SP 75- 3 N		16.18 11 03	26.925,-	11,0	15,0		
SP 75- 4		16.19 11 04	21.395,-	SP 75- 4 N		16.18 11 04	27.920,-	11,0	15,0		
SP 75- 5		16.19 11 05	24.135,-	SP 75- 5 N		16.18 11 05	31.550,-	15,0	20,0		
SP 75- 6		16.19 11 06	27.120,-	SP 75- 6 N		16.18 11 06	35.425,-	18,5	25,0		
SP 75- 7		16.19 11 07	29.235,-	SP 75- 7 N		16.18 11 07	38.730,-	22,0	30,0		
SP 75- 8		16.19 11 08	29.955,-	SP 75- 8 N		16.18 11 08	39.715,-	22,0	30,0		
SP 75-10		16.19 11 10	49.325,-	SP 75-10 N			Tilbud	30,0	40,0		
SP 75-12		16.19 11 12	53.570,-	SP 75-12 N			Tilbud	37,0	50,0		
SP 75-15		16.19 11 15	59.745,-	SP 75-15 N			Tilbud	45,0	60,0		
SP 120				SP 120 N							
SP 120- 1		17.19 11 01	19.845,-	SP 120- 1 N		17.18 11 01	25.900,-	7,5	10,0	250 mm	6" flange
SP 120- 2		17.19 11 02	24.820,-	SP 120- 2 N		17.18 11 02	32.520,-	15,0	20,0		
SP 120- 3		17.19 11 03	29.840,-	SP 120- 3 N		17.18 11 03	39.640,-	22,0	30,0		
SP 120- 4		17.19 11 04	52.565,-	SP 120- 4 N			Tilbud	30,0	40,0		
SP 120- 5		17.19 11 05	56.420,-	SP 120- 5 N			Tilbud	37,0	50,0		
SP 120- 6		17.19 11 06	61.420,-	SP 120- 6 N			Tilbud	45,0	60,0		
SP 120- 7		17.19 11 07	77.530,-	SP 120- 7 N			Tilbud	55,0	75,0		
SP 120- 8		17.19 11 08	79.865,-	SP 120- 8 N			Tilbud	55,0	75,0		

Angivne priser er incl. motorkabel og kabelsamlesæt.

Dykkabel se side 16.

## SP N UDFØRELSE:

I særligt korrosionsbestandigt rustfrit stål W. nr. 1.44 01.

## Konstruktionsprincip

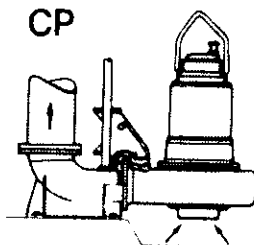
3201 er en eldrevet, dykket pumpe af kraftigt støbejern. Den er robust og kompakt. Pumpen kræver kun lidt plads og er let at håndtere.

3201's pumpehjul har stort frit gennemløb, der tillader faste partikler på indtil 131 mm i diameter at passere. Pumpen er udstyret med dobbelte, mekaniske akseftætninger, og har engangssmurte kuglelejer, hvoraf nedre leje er dobbeltradede.

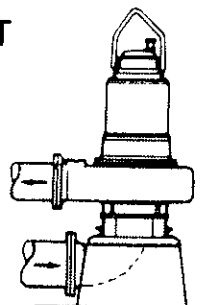
## Anvendelsesområder

Forskellige hjul typer og motorstørrelser gør 3201 velegnet til en række forskellige opgaver. Til industriformål for pumpning af f.eks. kølevand, procesvand, genbrugsvæsker og spildevand m.m. - Til kommunale formål for f.eks. pumpestationer til pumpning af gråt og sort spildevand, til renseanlæg, til grundvandspumpning og vandværksformål m.m.

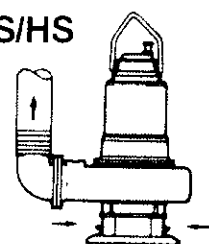
CP



CT



CS/HS



## Tre installationsformer

Da pumpen er druknesikker og kompakt er den nem at installere uanset hvilken af nedenstående installationsformer, der vælges.

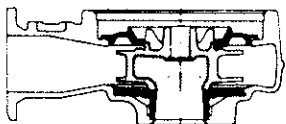
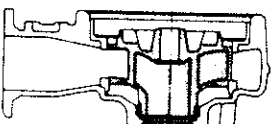
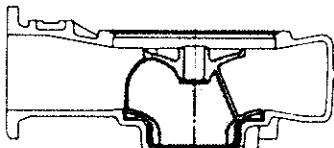
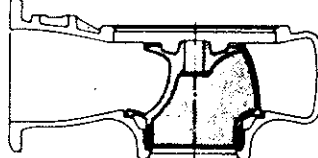
CP versionen er beregnet for permanent installation i pumpebassinet. Pumpen hejses ned langs 2 guider og kobles automatisk til koblingssteden med det fastmonterede trykrør. Ved eftersyn hejses pumpen op uden brug af værktøj og uden at det er nødvendigt at gå ned til den.

CT versionen er en permanent, tør opstilling på betonfundament. I denne version tilkobles pumpen direkte til rør for både indløb og udløb. Installationsformen byder en vigtig fordel. Da pumpen er en dykket konstruktion, sker der ingen skade selv om det tørre rum oversvømmes.

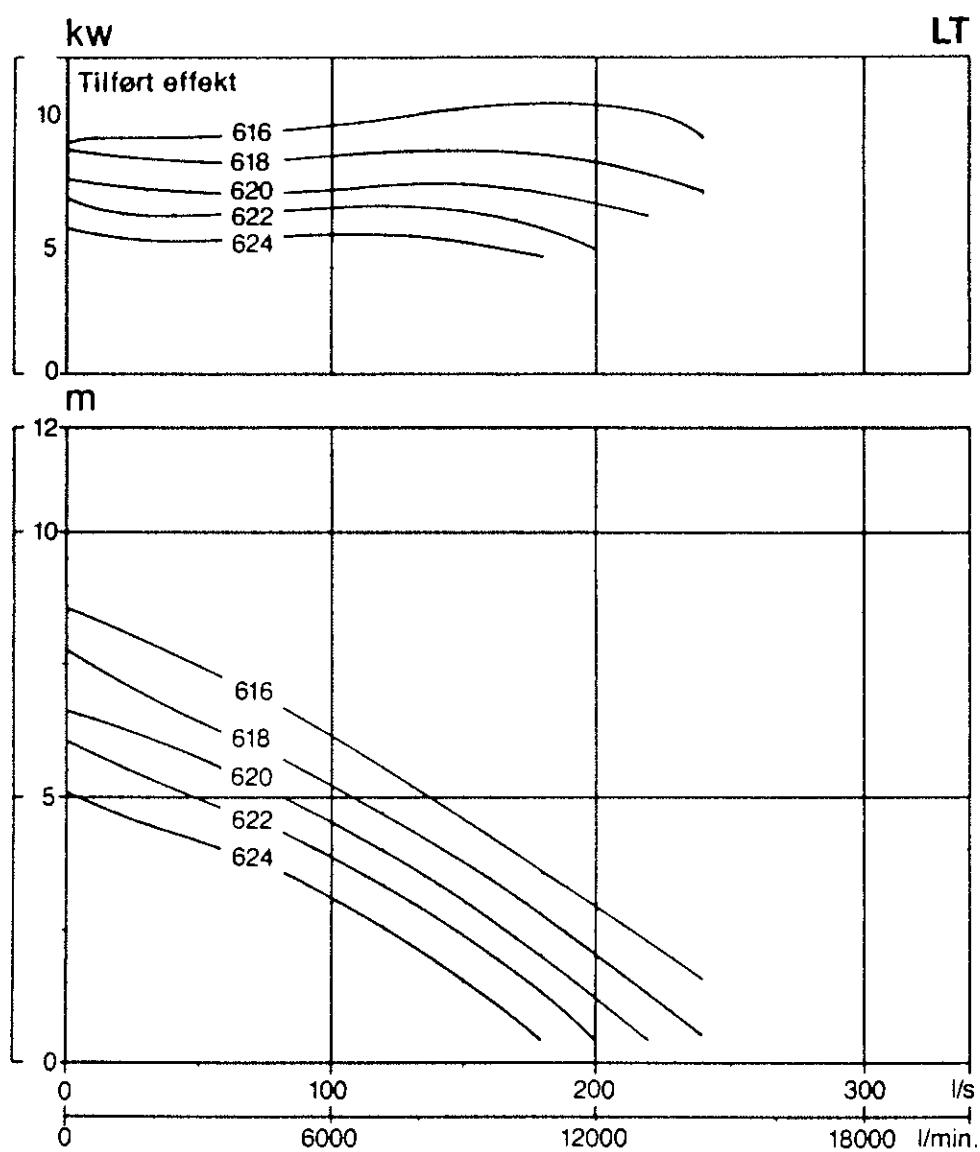
CS/HS versionen er en transportabel udgave beregnet på at arbejde helt eller delvis neddykket i pumpemediet. I denne version er pumpen udstyret med fod og slangetilslutning.

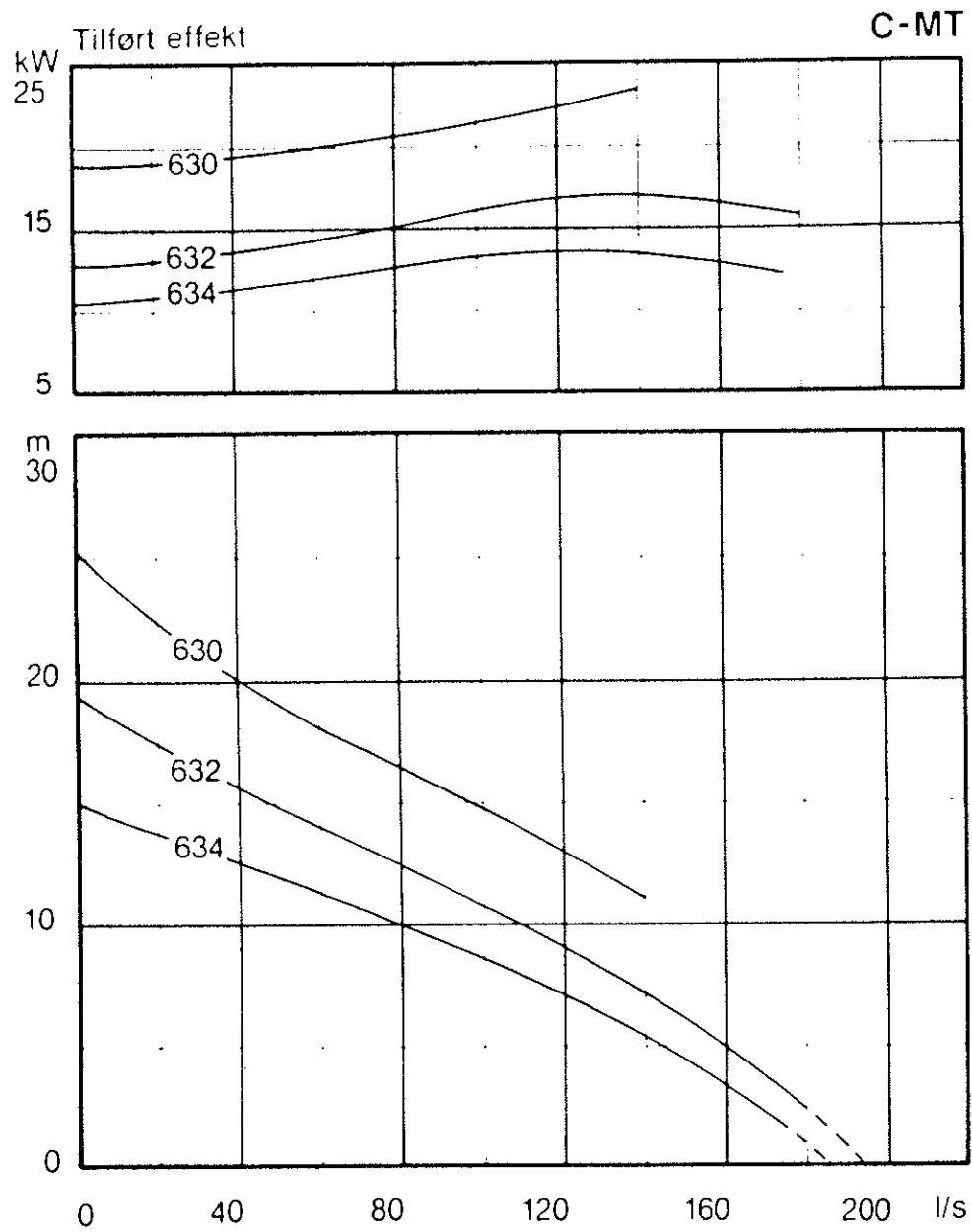
## Forskellige udgaver af den hydrauliske del

Der er fremstillet fire forskellige udgaver af pumpens hydrauliske del. Pumpemediets art og den ønskede kapacitet afgør hvilken udgave, der bør foretrækkes i hvert enkelt tilfælde.

		Kurve nr.	Hjul-type	Mindste gennemløb mm
<b>H-version</b> slidstærk udførelse HS installation		460	3-kanal	59 x 62
		462	3-kanal	59 x 65
<b>C-version</b> højtryksudførelse (HT) CP, CT og CS installation		450	1-kanal	77 x 80
		452	1-kanal	77 x 77
		456	1-kanal	≥ 100
		457	1-kanal	≥ 100
<b>C-version</b> mellemtryksudførelse (MT) CP, CT og CS installation		630	1-kanal	120 x 144
		632	1-kanal	120 x 144
		634	1-kanal	120 x 144
		635	2-kanal	84 x 102
		636	2-kanal	84 x 102
		637	2-kanal	84 x 102
		638	2-kanal	84 x 102
<b>C-version</b> lavtryksudførelse (LT) CP, CT og CS installation		610	2-kanal	131 x 140
		612	2-kanal	123 x 134
		614	2-kanal	129 x 134

Se også kurverne for hvert enkelt pumpehjul.





3127 er en eldrevet, dykket pumpe af kraftigt støbejern. Dens kapacitet går op til 80 l/s, og derved dækkes et stort antal anvendelsesområder.

El-motor og pumpe danner en kompakt og robust enhed, som kun behøver lidt plads. Pumpen er let at håndtere.

Basismodellen er konstrueret til at pumpe væsker med faste partikler som f.eks. spildevand. Den kan også bruges til at pumpe rå- eller rent vand.

Når den udstyres med skæreplade og S-hjul, kan pumpen anvendes til væsker indeholdende langfibrede materialer som f.eks. flydende staldgødning — gylle.

Afvandingsmodellen bruges til afvanding af vandlidende områder og lign.

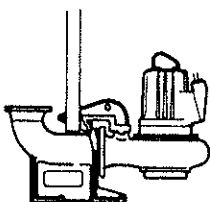
## INSTALLATIONSFORMER

Den kompakte pumpe er dykket og let at installere. De forskellige modeller er til rådighed i en eller flere versioner afhængig af installationsmetoden.

### Basismodellen

Pumpehus med 1- eller 2-kanal pumpehjul, som lader faste partikler med en diameter på op til 100 mm passere. Kan også leveres med fristrømhjul.

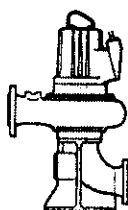
#### CP/DP



I dette system med styrerør og koblingsfod kobles pumpen automatisk til trykrøret. Pumpen hejses op for inspektion uden at nogen behøver at gå ned i pumpebrønden.

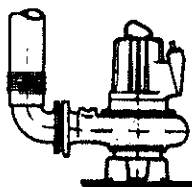
Pumpen arbejder helt eller delvis neddykket i væsken.

#### CT



Pumpen installeres tørt på et fundament og forbindes direkte til tilløbs- og trykrør. Den dykkede konstruktion forhindrer skade på el-motoren, hvis pumperummet skulle blive oversvømmet.

#### CS/HS

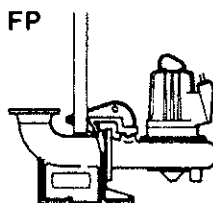


En transportabel version beregnet til at arbejde helt eller delvis neddykket i væsken. Den er udstyret med fod og slangetilslutning.

### Skæremodellen

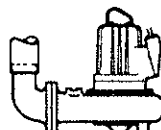
Pumpehuset og det skærende S-hjul pumper faste partikler med en diameter på op til 50 mm.

Pumpen arbejder helt eller delvis neddykket i væsken.



For permanent installation bruges et system med styrerør og koblingsfod fastgjort til brøndens bund. Når pumpen sænkes ned langs styrerøret forbindes den automatisk til trykrøret på koblingsfoden. Pumpen arbejder helt eller delvis neddykket og kan hejses op for inspektion uden at nogen behøver at gå ned i brønden.

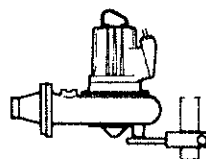
#### FS



Pumpen har slangetilslutning. Den kan anvendes til mange forskellige opgaver.

Som gyllepumpe kan den f.eks. bruges til tømnning af tanke og ajelebeholdere såvel som til dræning.

#### FJ



Pumpen kobles automatisk til op-pumpningsrøret via et drejeligt firkantrør. Det betyder at pumpen også kan omrøre tankindholdet i alle niveauer og retninger og at den let hejses op til inspektion uden at nogen behøver at gå ned i tanken.

Pumpen arbejder helt eller delvis neddykket i væsken. Systemet er især egnet til pumpning af flydende staldgødning, slam og lignende.

### Afvandingsmodellen

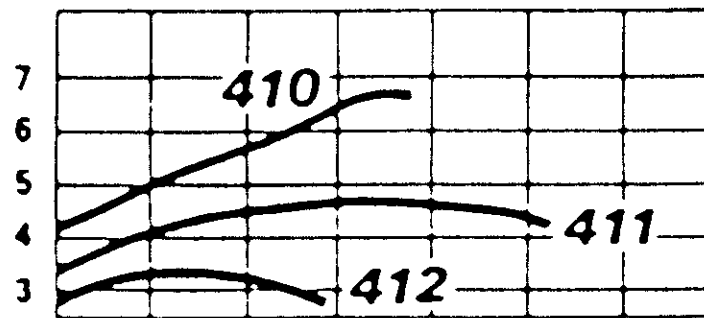
Pumpehuset indeholder et 2-kanalhjul med diffusor og tre ledeskovle på sugesiden. Diffusoren mindsker hastigheden af vandets rotation og leder det udad og opad.

#### LL

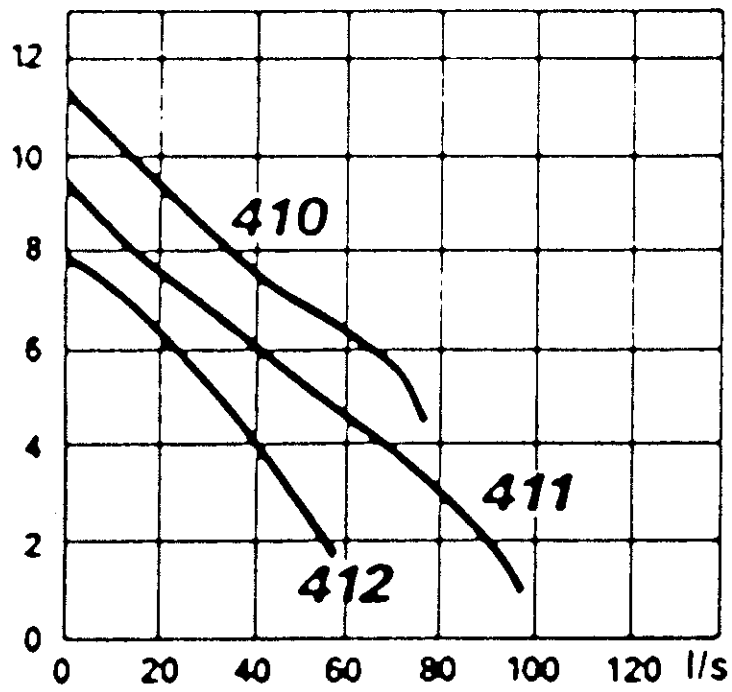


Pumpen installeres i en brønd med to sektioner. En nedre tilløbssektion og en øvre afgangssektion. Sektionerne er delt af et mellemdæk, hvorpå pumpen placeres i et hul. Pumpens diffusor hviler på en gummiring, der tætnet mod en plade på mellemdækket. Pumpen kan eksempelvis sænkes og hæves ved hjælp af en talje. Pumpen arbejder helt neddykket.

tillført effekt kW



m



INGENIØR- OG HANDELSFIRMA

**HANS BUCH & CO A/S****hb&co**

Forsøgsanlæg RISØ  
4000 Roskilde

SVANEVEJ 6  
DK 2400 COPENHAGEN NV  
DENMARK

TELEFON 01 - 83 12 12  
TELEX 1 51 97-HIBEX  
TELEFAX 01 - 83 60 20  
GIRO 4 05 43 34  
POSTBOX 975

JYSK AFD.:  
JEGSTRUPVEJ 34  
DK 8361 HASSELAGER  
TELEFON 06 - 28 11 33  
TELEX 6 86 07-HIBEX J

Att.: fru Lotte Scheiner

23. januar 1987  
P.F.Christensen/msl

Vor ref.: 2008 - tilbud nr. 17.022C-170

Under henvisning til Deres venlige forespørgsel bekræfter vi hermed vort tilbud på:

- A) Afspærringsventiler TN 10, DN 65, jvnf. vedlagte prospekt type AV-811, d.v.s.  
med ret gennemløb  
udført i stålgoeds GS-C25  
indvendige dele i rustfrit stål 1.4021  
konsol af stålgoeds GS-C25  
med flanger iflg. DIN 3210 TN 10  
monteret med AUMA gear type SA6A45  
for 220 V, 50 Hz,  
i IP 67 udførelse  
udlagt for korttidsdrift: 2 - 10 min.  
udrustet med 2 stk. stillingskontakter  
og 2 trinløse momentkontakter  
samt overbelastningssikring,  
blinkgiver for bevægelse og styrestik

Data:  $q = 100 \text{ m}^3/\text{time vand}$   
 $t = 0 - 20^\circ\text{C}$   
 $p = 3 \text{ bar}$   
 $l = 290 \text{ mm indbygningslængde}$   
 $t = 12 \text{ sek.}$

Pris kompl. pr.stk.: kr. 10.910,00

- B) Ventil med håndgreb uden gear  
type AV 811, TN 10, DN 65

Pris pr.stk.: kr. 1.570,00

De nævnte priser, der er netto, excl. MOMS, gælder ab vort lager København.



HANS BUCH &amp; CO

Forsøgsanlæg RISØ  
4000 Roskilde  
-----

Side 2  
23. januar 1987

Kursbasis: 1 DM = 3,80 Dkr.

Beløbet vil blive reguleret efter kursen, der gælder på dagen for Deres indbetaling til os.

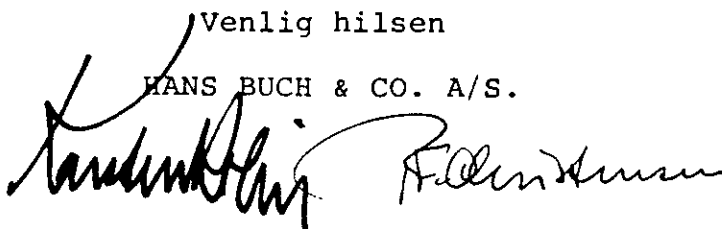
Leveringstid: Pos. A): 3 - 4 måneder.  
Pos. B): 1 - 2 måneder, evt. fra lager.

Betalings-  
betingelser: Løbende måned + 30 dage netto.

Vi håber vort tilbud er tilfredsstillende og hører meget gerne nærmere fra Dem.

Venlig hilsen

HANS BUCH & CO. A/S.



Bilag: Krombach Armaturen  
FK NR 810

**KROMBACH****Absperrventile****Nr. 810****Absperrventile in Durchgangs- oder Eckform mit Flanschenanschluß**

Gehäuse und Bügelaufsatz bei den Nennweiten 10-32 aus Schmiedestahl C 22.8, Werkstoff-Nr. 1.0402, bei den Nennweiten 40-200 aus Stahlguß GS-C 25, Werkstoff-Nr. 1.0619 Ventilsitz im Gehäuse und Dichtfläche auf dem Kegel und Spindel aus nichtrostendem Edelstahl, Werkstoff-Nr. 1.4021, Baulängen bzw. Schenkellängen nach DIN 3202, Flanschen nach DIN bemessen und gebohrt.

Bestell-Nr.	PN	Ausführung
AV 811	25/40	Durchgangsform
AV 812	25/40	Eckform
AV 813	64	Durchgangsform
AV 814	64	Eckform
AV 815	100	Durchgangsform
AV 816	100	Eckform
AV 817	160	Durchgangsform
AV 818	160	Eckform

**Auf Wunsch sind folgende Sonderausführungen lieferbar:**

Ventile in gleicher Bauart aus warmfestem Schmiedestahl 13 Cr Mo 44 bzw. warmfestem Stahlguß GS-17 Cr Mo 55 für Betriebstemperaturen bis 530 °C oder aus rost- und säurebeständigem Edelstahl

Flanschen nach anderen Normen (BST, ASA usw.)

Einschweiß- und Anschweißenden

Flanschen mit Vor- und Rücksprung, Nut und Feder, Eindrehung für Linsendichtung

Regulierkegel, Hubanzeiger, Sperrstopfbüchse, Kettenräder, Entleerungsnahe mit Gewindeablaßstopfen

Andere Werkstoffe und weitere Sonderausführungen bis PN 320 auf Anfrage

**Absperrventile** aus Grauguß PN 6 – 16, siehe Prospekt 800

**Absperrventile** aus Edelstahl PN 10 – PN 40, siehe Prospekt Nr. 820

**Flanschen-Wechselventile**, siehe Prospekt Nr. 830

**Bodenablaßventile**, siehe Prospekt Nr. 840

**Faltenbalg-Absperrventile**, siehe Prospekt Nr. 850

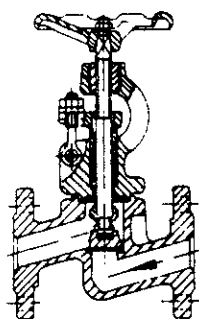
**Weichdichtende Absperrventile**, siehe Prospekt Nr. 860

# Absperrventile

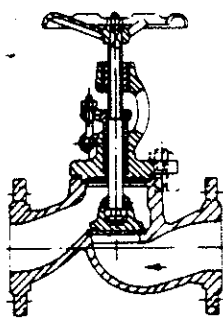
# Nr. 810

## in Durchgangs- und Eckform

Absperrventil in Durchgangsform

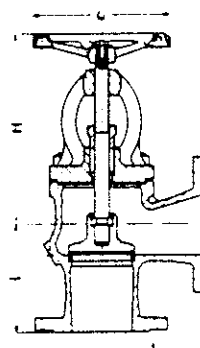


DN15 bis DN32



DN40 bis DN200

Absperrventil in Eckform



Baumaße und Gewichte für Absperrventile in Durchgangsform ND 25/40

Nennweite mm	DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
Baulänge	L	130	130	150	160	180	200	230	290	310	350	400	480	600
Bauhöhe (geöffnet)	H	215	215	215	215	250	280	300	400	420	470	540	580	700
Handraddurchmesser d		120	120	120	120	150	180	180	210	280	280	360	360	425
Stückgewicht ca. kg		5	5	6	6,5	10	14	17	23	34	48	68	85	165

bis  
NW 500  
lieferbar

Baumaße und Gewichte für Absperrventile in Eckform ND 25/40

Nennweite mm	DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
Schenkelänge	I	85	90	95	100	105	115	125	145	155	175	200	225	275
Bauhöhe (geöffnet)	H	200	200	210	210	240	265	290	380	390	450	495	520	640
Handraddurchmesser d		120	120	120	120	150	180	180	210	280	280	360	360	425
Stückgewicht ca. kg		5	5	5,5	6,5	10	14,5	17	24	37	48	67	96	170

bis  
NW 500  
lieferbar

Baumaße und Gewichte für Absperrventile in Durchgangsform ND 64 bis 160

Nennweite mm	DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
Baulänge	L	210	210	230	230	260	260	300	340	380	430	500	550	650
Bauhöhe (geöffnet)	H	250	250	250	250	330	330	340	420	485	550	625	630	860
Handraddurchmesser d		150	150	150	150	210	210	210	280	280	360	425	425	425
Stückgewicht kg	PN 64	9	9,5	12	12,5	23	24	28	40	55	85	125	150	260
Stückgewicht	PN 100/160	9	9,5	12	12,5	23	24	30	45	60	90	135	175	320

Baumaße und Gewichte für Absperrventile in Eckform ND 64 bis 160

Nennweite mm	DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
Schenkelänge	I	105	105	115	115	130	130	150	170	190	215	250	275	325
Bauhöhe (geöffnet)	H	255	255	255	255	300	300	305	410	460	530	570	670	770
Handraddurchmesser d		140	140	140	140	180	180	200	280	280	360	425	425	425
Stückgewicht kg	PN 64	8	8,5	11	12	20	23	26	40	57	85	125	150	260
Stückgewicht	PN 100/160	10	11	13	14	25	27	32	47	63	90	135	175	320

### Betriebs- und Prüfdrücke

Bestell-Nr.	PN	Wasser-Prüfdruck bar		Betriebsdruck max. bar		
		Gehäuse	Abschluß	120° C	300° C	400° C
AV 811/812	25/40	55	40	40	28	21
AV 813/814	64	86	64	64	40	32
AV 815/816	100	130	100	100	60	50
AV 817/818	160	210	160	160	96	80

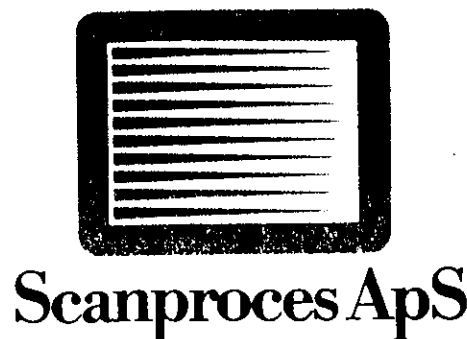
Die beschriebenen Armaturen entsprechen in ihrer Konstruktion, ihren Abmessungen, Gewichten und Werkstoffen dem derzeitigen Stand der Technik. Änderungen im Zuge der Weiterentwicklung behalten wir uns vor.

# FRIEDRICH KROMBACH

Armaturenfabrik · GmbH & Co. KG · D-5912 Hilchenbach-Dahlbruch (Kreis Siegen)

Postfach 4040 · Fernruf: Kreuztal (02732) 4095-4099 · Drahtanschrift: Krombach, Hilchenbach 4 · Telex: 875568

RISØ  
Forsøgssektionen  
P.O.Box 49  
4-00 Roskilde



Att.: Lotte Schleisner.  
-----

Indgået Risø

2 - Jan 1987

Forsøgssektionen

Deres ref./Your ref. Vandfiltrering.  
Vor ref./Our ref. tsm/le.  
Dato/Date 28.01.87.

Idet vi takker for Deres telefoniske henvendelse angående vandfiltrering, kan vi hermed tilbyde følgende:

Dybdefiltrering:  
-----

Vi har her tilbudt filterenheder med elementer af typen "spundne elementer" med en virkningsgrad på 93 % ved de anførte forhold. Yderligere kan det oplyses, at vi har valgt at udlægge enhederne for den maximalt opgivne strømningsmængde.

1 stk. FULFLO filterenhed type 68CDF 4/MR, beregnet for en kapacitet på 102 m<sup>3</sup>/h, med et starttrykfald på 0,15 bar.  
Filtreringsmedie er vand ved 40 gr. C.  
Materiale, Rustfri stål 304.  
Komplet enhed incl elementer.  
Filtreringsgrad 5 micron.

Pris ialt - excl. moms. - kr 36.385,-

Alternativt i Rustfri stål 316:

Pris ialt - excl. moms. - kr 42.890,-

En af fordelene ved dette filtersystem er, at elementerne kan udskiftes med mere effektive elementer, med filtreringsgrad ned til 1 micron. (nominelt.)

Overfladefiltrering:  
-----

1 stk. FULFLO posefilterenhed type 4PO31 - øvrige forhold som ovenfor beskrevet.

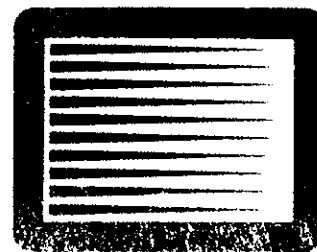
Pris ialt - excl. moms. - kr 40.990,-

Alternativt i Rustfri stål 316:

Pris ialt - excl. moms. - kr 51.300,-

1/2.-

Brønsholmvej 26      Telex: 41180 quali  
DK-2980 Kokkedal      Giro: 7 38 85 00  
Denmark  
Tlf.: 02 - 24 17 99      ApS reg. nr. 51595

**Scanproces ApS**

RISØ.

Hvad angår driftforhold, må det anføres, at de først beskrevet filterenheder har en bedre trykfaldskarakteristik, samt har en betydelig bedre effektivitet overfor optagelse af partikler.

Elementfilter ca. 93 %

Posefilter: ca. 89 %

Udskiftning af filterindsats foretages normalt en gang pr. år - og vil for elementfilter beløbe sig til ca. 2000,- kr men for posefilter ca. 250 kr.

Naturligvis er vi gerne til tjeneste med yderligere data - ligesom vi gerne aflægger et besøg for nærmere at uddybe vort tilbud.

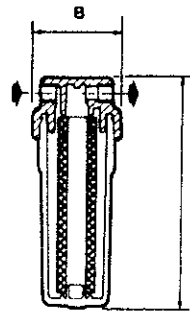
med venlig hilsen

T.S. Mortensen

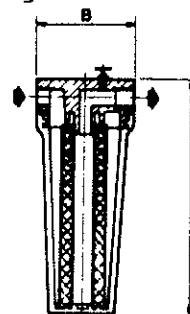
bilag: diverse.

# Filter vessels for cartridges

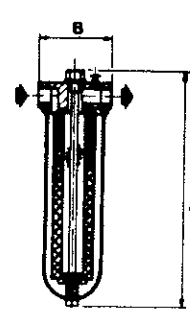
## Single placement cartridge vessels



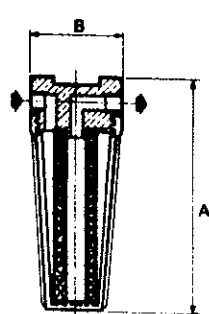
Type WF



Type LKA-LBA



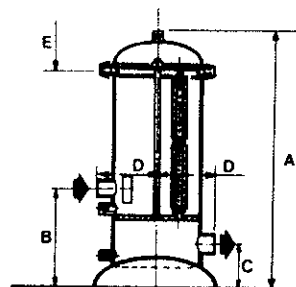
Type LB-LS



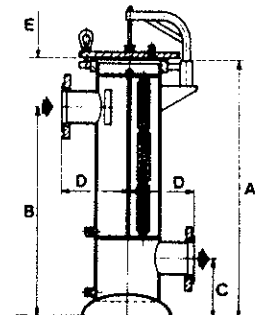
Type LPP

Photo Ref.	Model	Construction	Operating pressure	Inlet/Outlet size	Number of cartridges	Dimensions in mm				Weight kg
						A	B	Vent	Drain	
①	WF 101	Plastic transparent bowl	10 bar	3/4" BSP	1	324	110	—	—	1,2
①	WF 104	Plastic opaque bowl	10 bar	3/4" BSP	1	324	110	—	—	1,2
①	WF 202	Plastic transparent bowl	8 bar	3/4" BSP	1	324	110	—	—	1,2
①	WF 203	Plastic opaque bowl	8 bar	3/4" BSP	1	310	110	—	—	1,2
②	L10BA-3/4"	Head brass/Bowl plastic	10 bar	3/4" BSP*	1	295	110	3/4" BSP	—	2,6
③	GCP 101	Polypropylene	10 bar	3/4" BSP	1	324	110	—	—	1,5
③	L20PP-3/4"	Polypropylene	10 bar	3/4" BSP	1	581	132	—	—	2
④	L4B-3/4"	Head brass/Bowl S S 304	10 bar	3/4" BSP	1	204	110	—	1/4" BSP	2
④	L10B-3/4"	Head brass/Bowl S S 304	10 bar	3/4" BSP	1	345	110	1/4" BSP	1/4" BSP	2,9
⑤	L20B-3/4"	Head brass/Bowl S S 304	10 bar	3/4" BSP*	1	608	110	1/4" BSP	1/4" BSP	4
⑥	L4S-3/4"	Stainless steel 304 or 316	10 bar	3/4" BSP	1	140	110	—	1/4" BSP	1,8
⑥	L10S-3/4"	Stainless steel 304 or 316	10 bar	3/4" BSP	1	345	110	—	1/4" BSP	2,7
⑦	L20S-3/4"	Stainless steel 304 or 316	10 bar	3/4" BSP	1	600	110	—	1/4" BSP	3,3

\*Available also with 1" BSP inlet/outlet



CDF



CDF/MR

## Multi-placement cartridge vessels

Photo Ref.	Model	Construction	Operating pressure	Inlet/Outlet size	Number of cartridges	Dimensions in mm					Weight kg
						A	B	C	D	E	
	3 CDF 1	Stainless steel 304 or 316	10 bar	1 1/2" BSP	3	555	170	95	120	300	8,7
⑨	6 CDF 1	Stainless steel 304 or 316	10 bar	1 1/2" BSP	6	630	300	95	120	300	9
⑧	6 CDF 2	Stainless steel 304 or 316	10 bar	2" BSP	6	815	170	95	120	300	12
⑨	12 CDF 2	Stainless steel 304 or 316	10 bar	2" BSP	12	860	245	125	150	300	21
⑨	18 CDF 3	Stainless steel 304 or 316	10 bar	2 1/2" BSP	18	1150	300	150	150	300	27
⑨	24 CDF 4	Stainless steel 304 or 316	10 bar	2 1/2" BSP	24	1430	300	150	230	600	33
⑩	30 CDF 3	Stainless steel 304 or 316	10 bar	DN100 PN10	30	1195	360	175	250	800	46
⑩	40 CDF 4	Stainless steel 304 or 316	10 bar	DN100 PN10	40	1480	360	175	250	600	54
	30 CDF 3/MR	Stainless steel 304 or 316	10 bar	DN100 PN10	30	1210	400	175	250	800	81
⑪	40 CDF 4/MR	Stainless steel 304 or 316	10 bar	DN100 PN10	40	1460	400	175	250	600	88
⑪	51 CDF 3/MR	Stainless steel 304 or 316	10 bar	DN150 PN10	51	1310	560	250	300	800	95
⑪	68 CDF 4/MR	Stainless steel 304 or 316	10 bar	DN150 PN10	68	1550	560	250	300	1000	105
⑪	86 CDF 5/MR	Stainless steel 304 or 316	10 bar	DN150 PN10	85	1850	560	250	300	800	120

## Bilag 10

## Bag filters

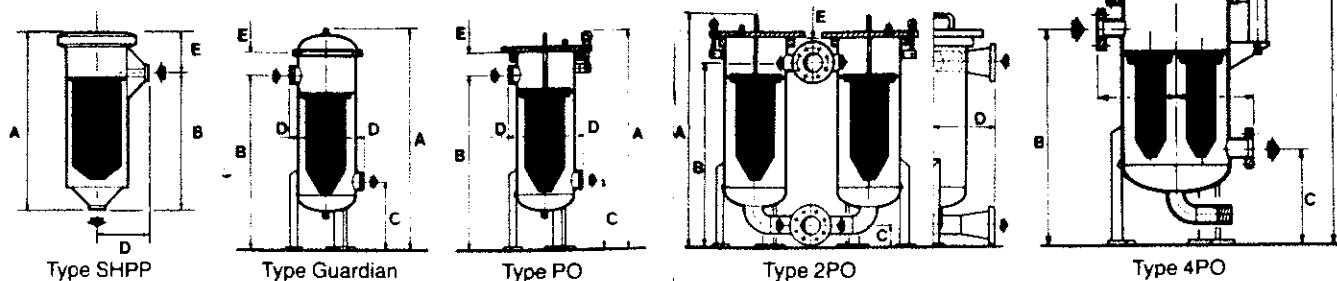
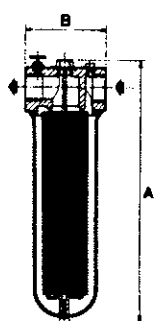
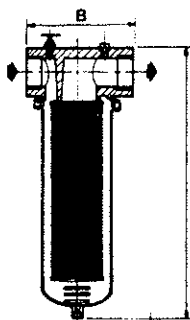


Photo Ref.	Model	Construction	Operating pressure	Inlet/Outlet size	Number of bags	Dimensions in mm					Weight kg
						A	B	C	D	E	
12	Guardian I	Stainless steel 304 or 316	10 bar	1" BSP	1	875	680	325	160	500	17
12	Guardian II	Stainless steel 304 or 316	10 bar	2" BSP	1	1195	1010	325	160	800	22
13	PO 18	Carbon steel/S.S. 304 or 316	10 bar	2" BSP	1	850	680	273	140 160	500	40
13	PO 31	Carbon steel/S.S. 304 or 316	10 bar	2" BSP	1	1180	1010	273	140 160	800	50
	2 PO 31	Carbon steel/S.S. 304 or 316	10 bar	DN80 PN10	2	1180	1010	130	170	800	110
	4 PO 31	Carbon steel/S.S. 304 or 316	10 bar	DN150 PN10 DN100 PN10	4	1850 1920	1300 1300	435 470	355 430	800 800	190 190
	SH 9 PP	Polypropylene	3.5 bar	1 1/2" BSP	1	420	300	—	110	120	4
	SH 15 PP	Polypropylene	3.5 bar	1 1/2" BSP	1	570	450	—	110	120	6
	SH 18 PP	Polypropylene	3.5 bar	2" BSP	1	650	510	—	195	140	10
	SH 31 PP	Polypropylene	3.5 bar	2 1/2" BSP	1	1150	970	—	195	180	17

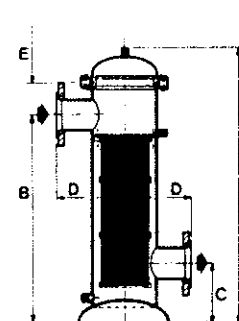
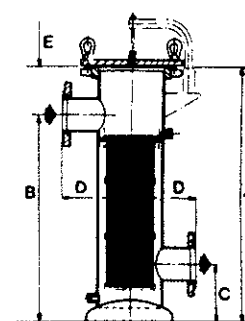
## Filter vessels for strainer baskets/cartridges



Type 71-72



Type 91

Type 231-232-233  
-301-302Type 301MR-302MR-  
386MR-388MR

## Filter vessels for strainer cartridges

Photo Ref.	Model	Construction	Operating pressure	Inlet/Outlet size	Surface Area dm <sup>2</sup>	Dimensions in mm				Weight kg
						A	B	Vent	Drain	
14	Flomesh 71	Cast Iron Epoxy paint	10 bar	1" BSP	12	400	120	1/4" BSP	1/4" BSP	3
15	Flomesh 72	Cast Iron Epoxy paint	10 bar	1 1/2" BSP	24	650	120	1/4" BSP	1/4" BSP	4.5
16	Flomesh 91	Cast Iron Epoxy paint	10 bar	2" BSP	28	436	176	1/4" BSP	1/2" BSP	13

## Filter vessels for strainer baskets

Photo Ref.	Model	Construction	Operating pressure	Inlet/Outlet size	Surface Area dm <sup>2</sup>	Dimensions in mm					Weight kg
						A	B	C	D	E	
	Flomesh 231	Stainless steel 304 or 316	10 bar	2" BSP	84	850	600	125	150	500	28
17	Flomesh 232	Stainless steel 304 or 316	10 bar	DN65 PN10	84	850	600	200	230	500	29
17	Flomesh 233	Stainless steel 304 or 316	10 bar	DN80 PN10	84	850	600	200	230	500	30
17	Flomesh 301	Stainless steel 304 or 316	10 bar	DN100 PN10	135	1100	750	250	250	600	45
17	Flomesh 302	Stainless steel 304 or 316	10 bar	DN150 PN10	135	1100	750	250	250	600	47
18	Flomesh 301/MR	Stainless steel 304 or 316	10 bar	DN100 PN10	135	1020	750	250	250	600	58
18	Flomesh 302/MR	Stainless steel 304 or 316	10 bar	DN150 PN10	135	1020	750	250	250	600	64
18	Flomesh 386/MR	Stainless steel 304 or 316	10 bar	DN150 PN10	200	1230	910	250	300	700	100
18	Flomesh 388/MR	Stainless steel 304 or 316	10 bar	DN200 PN10	225	1430	1090	250	300	850	110

## ELEKTRONIKAFDELINGEN

RISØ

Lavtemperaturlager på Risø Oversigt over følere.					DATO: 1/9-87		SIGN: <i>jso</i>	
Føler nr.	Placering	Måle- område bar o	Drifts- beting. bar o	Grænse- værdi bar o	Max. fejl bar	Ned- luk- ning	Kommentarer	
PT 1	Bygning 217 rør til LT3	0.2-6	0.5			X	Danfoss pressostat type RT200 17-5237	
PT 2	Bygning 217 rør til LT1	0.2-6	0.5			X	Danfoss pressostat type RT200 17-5237	
PI 3	Bygning 217 rør til LT3	0 - 1	0.5		5 mb		Kamstrup-Metro type 81-16-313	
PI 4	Bygning 217 rør til LT1	0 - 1	0.5		5 mb		Kamstrup-Metro type 81-16-313	
PI 5	Trykside af BP 1	0 - 4	0.1/1.5		0.02		Kamstrup-Metro type 81-16-314	
PI 6	Trykside af BP 2	0 - 4	0.1/1.5		0.02		Kamstrup-Metro type 81-16-314	
PT 7	Trykside af BP 2	0.2-6	0.1/1.5			X	Danfoss pressostat type RT200 17-5237	
PI 8	Filter i LT3	0-1 bar diff.	0-0.5bar diff.	0.7bar diff.	0.01		H.F.Jensen, type PDU	
PI 9	Filter i LT1	0-1 bar diff.	0-0.5bar diff.	0,7bar diff.	0.01		Rent filter = 0.1 b H.F.Jensen, type PDU	
PIT 10	LT3 kote -10	0-2.5			0.1	X	H.F.Jensen, type PDU	
PIT 11	LT1 kote -10	0-2.5	2/0.4		0.1	X	H.F.Jensen, type PDU	
Føler nr.	Placering	Måle- område m3/h	Drifts- beting. m3/h	Grænse- værdi	Max. fejl m3/h	Ned- luk- ning	Kommentarer	
FI 1	Sekundærvand lagerside	0-100	30,60 og 90				Ardua ndfEk induktiv Ardua ndfEk induktiv	
FI 2	Primærvand	0-400	360					
Føler nr.	Placering	Måle- område	Drifts- beting.	Grænse- værdi	Max. fejl	Ned- luk- ning	Kommentarer	
LT 1	LT1					X	) Seriekoblede ) flyde- ) kontakter )	
LT 3	LT3					X		
Nedlukning = Alle pumper standses og alle ventiler lukkes.								



## ELEKTRONIKAFDELINGEN

RISØ

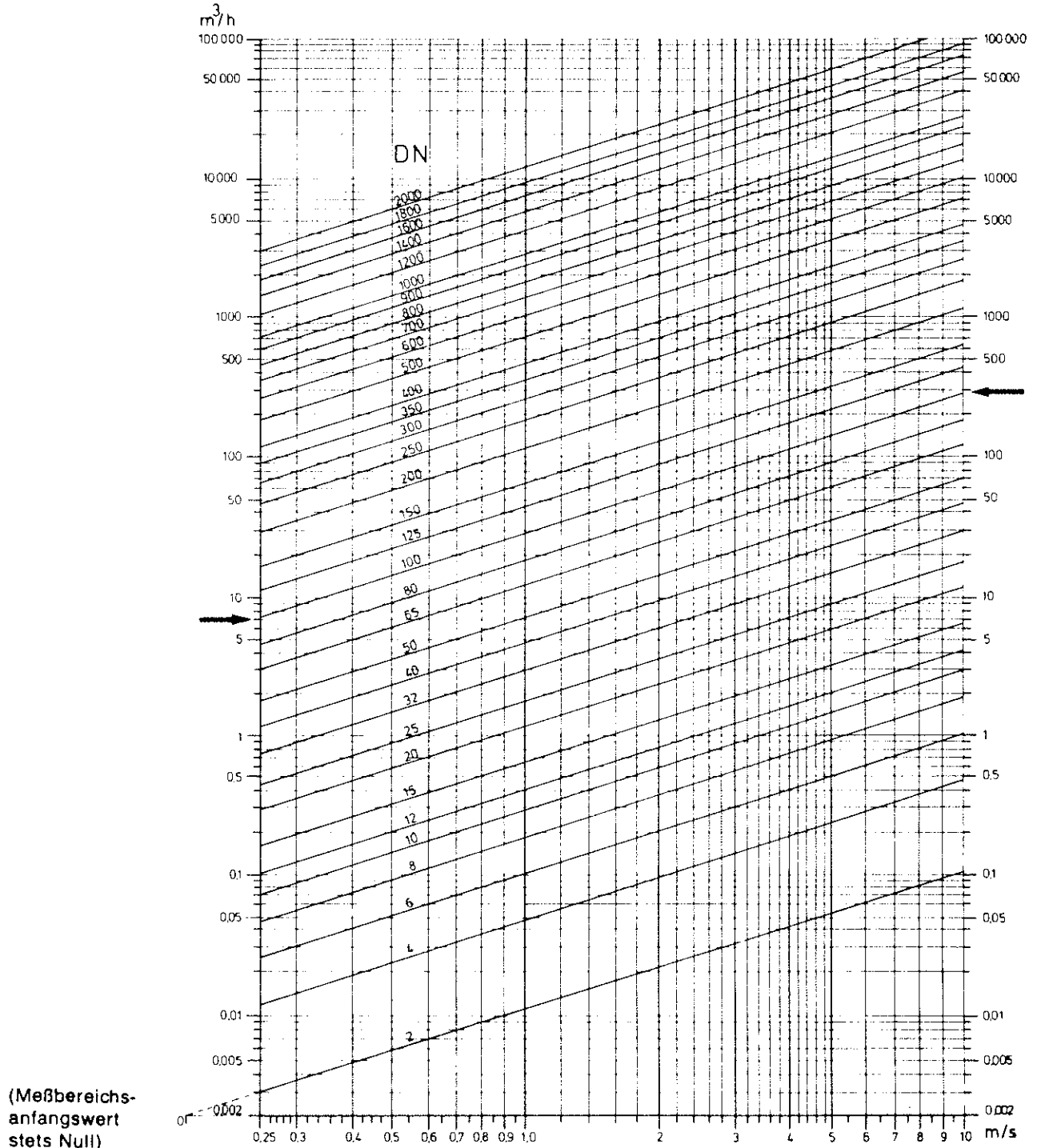
Lavtemperaturlager på Risø Oversigt over følere.						DATO: 25/6-87	SIGN: <i>JSO</i>
Føler nr.	Placering	Måle- område grad C	Drifts- beting. grad C	Grænse- værdi	Max. fejl gr.C	Ned- luk- ning	Kommentarer
TI 11	Boring LT1 kote - 40		29/37		0.2		
TI 12	Boring LT1 kote - 43		29/37		0.2		
TI 13	Boring LT1 kote - 46		29/37		0.2		
TI 14	Boring LT1 kote - 49		29/37		0.2		
TI 15	Boring LT1 kote - 52		29/37		0.2		
TI 16	Boring LT1 kote - 55		29/37		0.2		
TI 17	Boring LT1 kote - 58		29/37		0.2		
TI 18	Boring LT1 kote - 61		29/37		0.2		
TI 31	Boring LT3 kote - 40		29/37		0.2		
TI 32	Boring LT3 kote - 43		29/37		0.2		
TI 33	Boring LT3 kote - 46		29/37		0.2		
TI 34	Boring LT3 kote - 49		29/37		0.2		
TI 35	Boring LT3 kote - 52		29/37		0.2		
TI 36	Boring LT3 kote - 55		29/37		0.2		
TI 37	Boring LT3 kote - 58		29/37		0.2		
TI 38	Boring LT3 kote - 61		29/37		0.2		

**RISØ**

KV juni 87.



## Bestimmung der Meßbereichsendwerte bzw. Auswahl der Geber-Nennweite (DN):



(Meßbereichs-  
anfangswert  
stets Null)

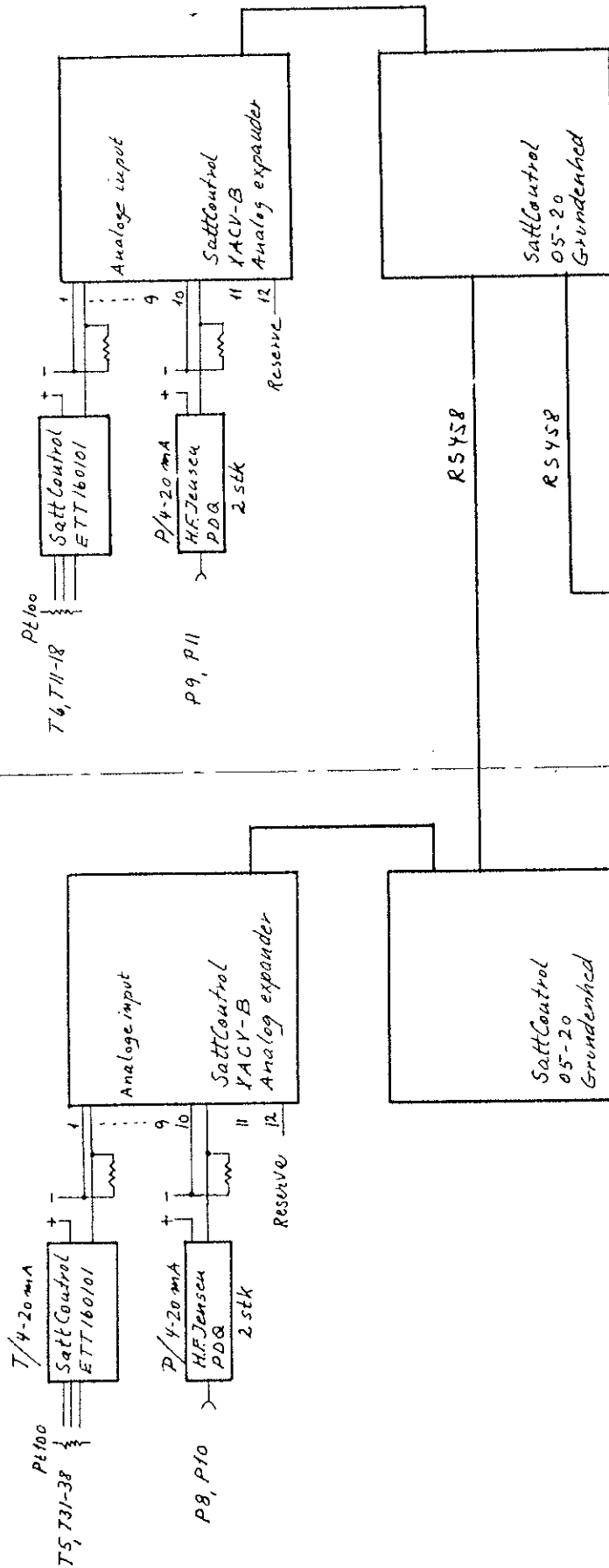
Beispiel: Der Durchfluß durch eine Leitung DN 100 soll gemessen werden.

Aus dem Diagramm lassen sich ablesen: kleinster Meßbereich 0–7  $\text{m}^3/\text{h}$ ; größter Meßbereich 0–300

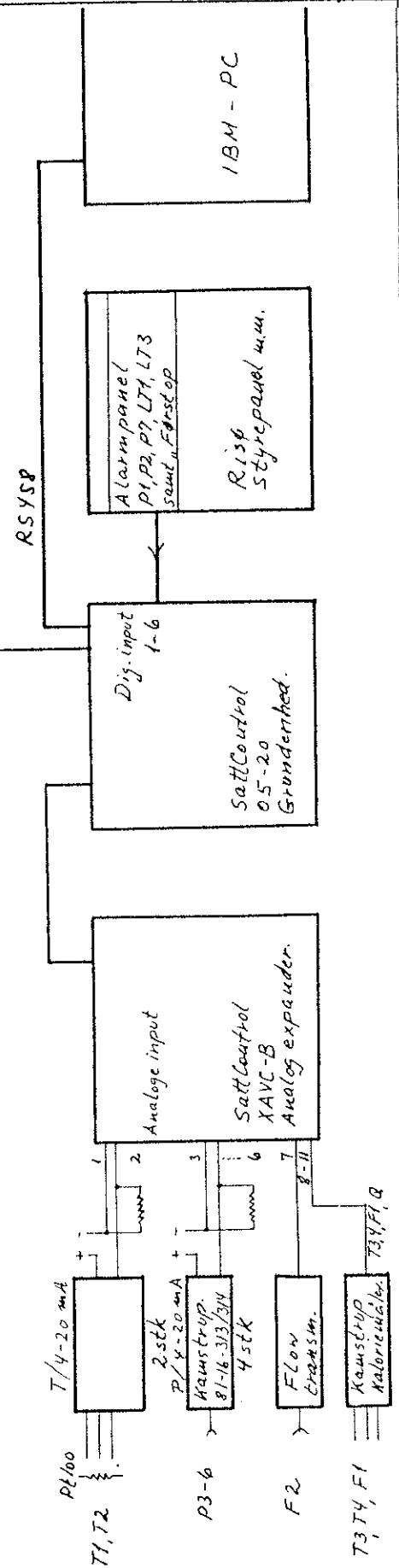
$\text{m}^3/\text{h}$ . Liegt die maximale Durchflußmenge bei 100  $\text{m}^3/\text{h}$ , so könnte auch ein Geber der DN 65 über entsprechende Reduzierungen eingesetzt werden, wobei die erforderliche Einlaufstrecke zu beachten ist.

PROJ.: Lavtemp. Lager, Risp  
 BILAG: Dataindsamling BLAD:        AF:         
 KONTO: 25331 SIGN. 14-87 JSD.

LT3 LT1



BYGN. 217



		Bilag 14								1/2
MÅNEDSRAPPORT VARME 1986		JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP
DATO 16/10 1986 JM										
1.Budgetteret energiforbrug Gcal		1938	1808	1751	1300	664	439	439	439	542
2.Graddage normalår(=3028)		505	487	427	290	134	42	18	15	77
3.Graddage faktisk		534	604	466	333	106	51	9	28	139
4.(korrigeret for graddage)										
4.Budget energiforbr.Gcal		2049	2242	1911	1493	525	533	220	819	978
5.Faktisk energiforbr.Gcal		2130	2270	1862	1469	784	525	360	427	754
6.Energiforbrug Budget Ton olie		131	129	104	44	16	10	10	10	13
7.Energiforbrug kedler Ton olie		125	158	104	76	20	33	8	9	33
8.Energiforbrug kedler Gcal		1182	1480	988	719	188	314	82	87	316
9.Energiproduktion kedler Gcal		1048	1337	878	651	167	269	74	80	288
10.Virkningsgrad kedelcentral (0,80-0,85)		,89	,90	,89	,91	,89	,86	,90	,92	,91
11.Energiforbrug varmepumper Gcal		299	245	243	208	140	58	70	83	109
12.Energiproduktion varmepumper Gcal		1082	933	984	818	617	256	286	347	467
13.Virkningsgrad varmepumper (3,7-4,5)		3,62	3,81	4,05	3,93	4,41	4,41	4,09	4,18	4,28
14.Dækningsgrad varmepumper af total energiproduktion (60%-65%)		50,80%	41,10%	52,85%	55,68%	78,70%	48,76%	79,44%	81,26%	61,94%
15.Oliepris gnsn./md	Kr/ton	2020	1758	2048	2675	2765	2435	2355	2355	2355
16.Olieforbrug faktisk (Pkt.7*Pris Kr/ton) Kr		252500	277764	212992	203300	55300	80355	18840	21195	77715
17.Olieforbrug budget (Pkt.6*2466 Kr/ton) Kr		323046	318114	256464	108504	39456	24660	24660	24660	32058
18.El-forbrug VP KWh Faktisk		347520	284960	282042	242143	163013	67458	81390	96879	126442
19.El-forbrug VP KWh Budget		272610	241155	272610	262125	145625	96112	96122	96112	117956
20.El-forbrug VP (1/1 0,47 1/4 0,57 Kr/KWh) Kr		163334	133931	132560	138022	92917	38451	46392	55221	72072
(1/10 0,495 Kr/KWh )										
BEMERKNINGER:										
21.Tab ved SLP/BUMP-TEST timer (VP ej i drift)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.Tab ved SLP/BUMP-TEST Gcal (Forbr.* Tid)		0	0	0	56	0	144	0	0	133
23.Tab ved SLP/BUMP-TEST Kr (Merpris olie)		0	0	0	8064	0	21387	0	0	15672
24.Tab ved driftstop VP timer (Break-down)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
25.Tab ved driftstop VP Gcal (Forbr.* Tid)		0	0	86	69	0	0	0	0	0
26.Tab ved driftstop VP Kr (Merpris olie)		0	0	9288	9936	0	0	0	0	0
27.Besparelse VP-drift Kr		97357	59901	106147	117431	111395	38021	26422	36712	53945
28.Varme Total Kr		415834	411695	345552	341322	148217	118806	65232	76416	149787
29.RISØ TOTAL Kr		415834	411695	345552	341322	148217	118806	65232	76416	149787

## Bilag 14

## HÅNEDSRAPPORT VARME 1986

DATO 16/10 1986 JM

	Okt	Nov	Dec	AR
1. Budgetteret energiforbrug Gcal	1067	1436	1738	13561
2. Graddage normalår (=3028)	227	338	468	3028
3. Graddage faktisk	212	0	0	2482
4. (korrigeret for graddage)				
4. Budget energiforbr. Gcal	996	0	0	11116
5. Faktisk energiforbr. Gcal	<u>1012</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>11595</u>
6. Energiforbrug Budget Ton olie	25	63	101	656
7. Energiforbrug kedler Ton olie	23	1	1	591
8. Energiforbrug kedler Gcal	214	1	1	5572
9. Energiproduktion kedler Gcal	169	1	1	4963
0. Virkningsgrad kedelcentral (0,80-0,85)	<u>,79</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>,89</u>
11. Energiforbrug varnepumper Gcal	191	1	1	1648
12. Energiproduktion varnepumper Gcal	843	1	1	6635
13. Virkningsgrad varnepumper (3,7-4,5)	4,41	1	1	4,03
14. Dækningsgrad varnepumper af total energiproduktion (60%-65%)	<u>63,30%</u>	<u>100,00%</u>	<u>100,00%</u>	<u>57,22%</u>
15. Oliepris gnsn./md Kr/ton	2405	1	1	2575
16. Olieforbrug faktisk (Pkt.7*Pris Kr/ton) Kr	55315	1	1	1255278
17. Olieforbrug budget (Pkt.6*2466 Kr/ton) Kr	61650	155358	249066	1617696
18. El-forbrug VP KWh Faktisk	221669	0	0	1913516
19. El-forbrug VP KWh Budget	234748	262125	272610	2369910
20. El-forbrug VP (1/1 0,47 1/4 0,57 Kr/KWh) Kr (1/10 0,495 Kr/KWh )	<u>109726</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>982627</u>
BEMÆRKNINGER:				
21. Tab ved SOP/BUMP-TEST timer (VP ej i drift)	0	0	0	0
22. Tab ved SOP/BUMP-TEST Gcal (Forbr.* Tid)	0	0	0	333
23. Tab ved SOP/BUMP-TEST Kr (Merpris olie)	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>45123</u>
24. Tab ved driftstop VP timer (Break-down)	0	0	0	0
25. Tab ved driftstop VP Gcal (Forbr.* Tid)	0	0	0	155
26. Tab ved driftstop VP Kr (Merpris olie)	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>19224</u>
27. Besparelse VP-drift Kr	166194	1	1	<u>813526</u>
28. Varme Total Kr	165041	1	1	<u>2237905</u>
29. RISØ TOTAL Kr	165041	1	1	2237905